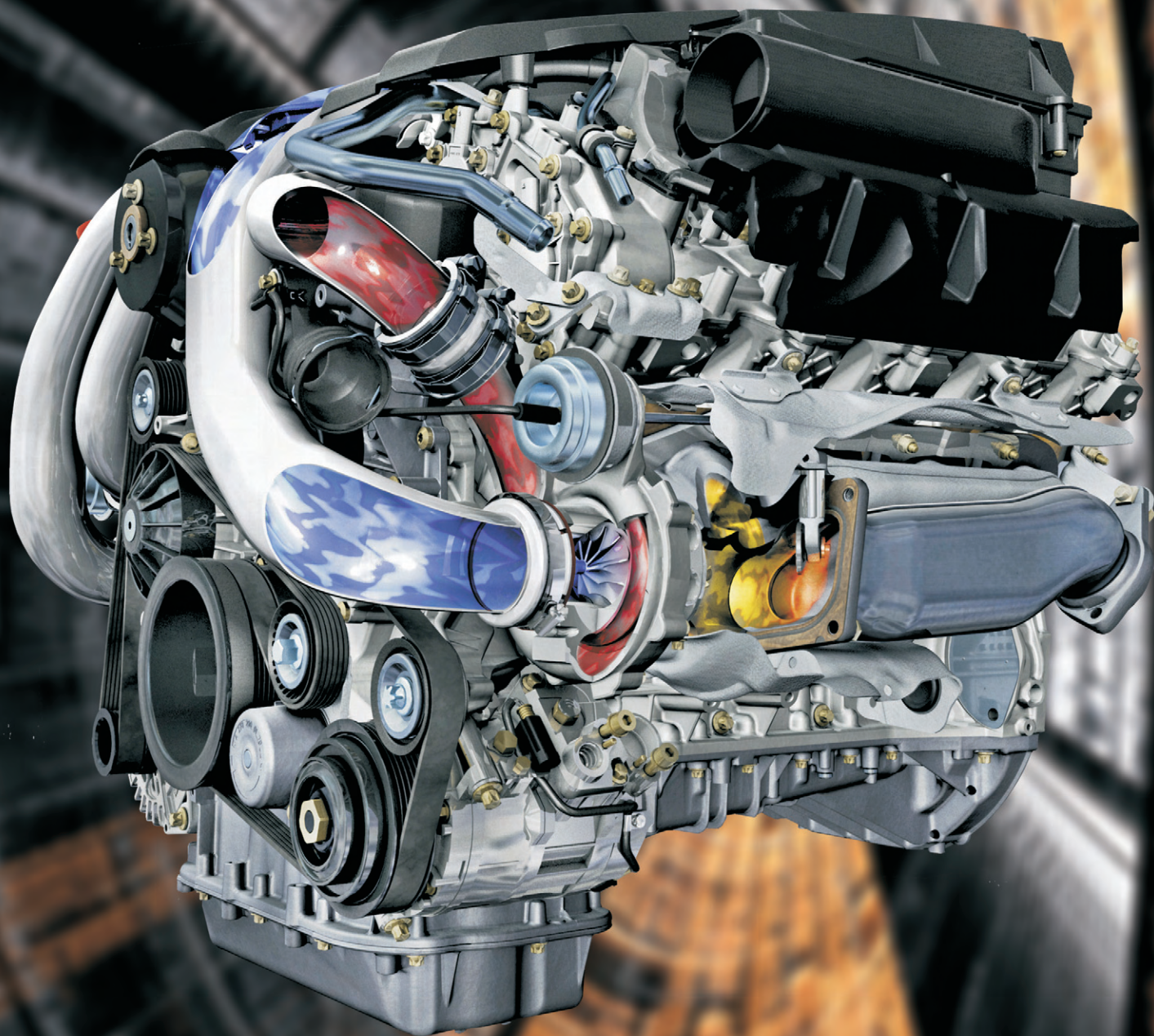




3/2011 (146)



COMBUSTION ENGINES

SILNIKI SPALINOWE



TECHNICAL UNIVERSITY OF RADOM

Faculty of Mechanical Engineering
Department of Automotive Mechatronics



Scope of research

- *Thermoanemometric method of cycle-by-cycle measurement of mass amount of charge in the cylinder*
- *Independent control of the air-fuel mixture composition in SI engine*
- *Control of the air-fuel mixture composition in SI engine in extreme conditions*
- *CNG and LPG fuel systems*
- *Usage of electrical parameters of spark discharge for control of its course*
- *Vibroacoustic observations of the combustion process and the technical state of IC engines*



Laboratories

- *Automotive Mechatronics Laboratory*
- *Mechatronics Laboratory of IC Engines*
- *Microprocessor Technologies Laboratory*
- *Chassis Brake Test Stand Laboratory*
- *Laboratory of Electrical and Electronics*



Equipment

- *Chassis brake test stand*
- *On-board data acquisition system*
- *Engine test stand*
- *High speed HC analyser Mexa 1110RF*
- *Diagnostic systems KTS and ADP*
- *Programmable control systems for IC engines*



Head of Department: **Professor Józef Nita**
Technical University of Radom, Faculty of Mechanical Engineering
Institute of Maintenance of Vehicles and Machines
Al. Bolesława Chrobrego 45, 26-600 Radom, tel: 48 48 361 7647
e-mail: j.nita@pr.radom.pl



COMBUSTION ENGINES

SILNIKI SPALINOWE

A Scientific Magazine

Czasopismo naukowe

3/2011 (146)

Rok XLX

PL ISSN 0138-0346

Editor/*Wydawca*:

Polskie Towarzystwo Naukowe

Silników Spalinowych

43-300 Bielsko-Biała, ul. Sami Stok 93, Polska

tel.: 33 8130402, fax: 33 8125038

E-mail: sekretariat@ptnss.pl

WebSite: <http://www.ptnss.pl>

Scientific Board/*Rada Programowa*:

prof. dr hab. inż. Krzysztof Wislocki – przewodniczący

prof. dr hab. inż. Zdzisław Chłopek

prof. dr hab. inż. Karol Cupiał

prof. dr inż. Jan Czerwiński

prof. dr hab. inż. Kazimierz Lejda

prof. dr hab. inż. Janusz Mysłowski

prof. dr hab. inż. Andrzej Niewczasz

prof. dr hab. inż. Marek Orkisz

prof. dr hab. inż. Leszek Piaseczny

prof. dr inż. Stefan Pischinger

prof. dr hab. inż. Maciej Sobieszcański

prof. dr hab. inż. Piotr Wolański

prof. dr inż. Mirosław Wyszyński

Editorial/*Redakcja*:

Instytut Silników Spalinowych i Transportu

Politechnika Poznańska

60-965 Poznań, ul. Piotrowo 3

tel.: 61 6652207, 61 6652240, 61 6652118

E-mail: silniki@ptnss.pl

prof. dr hab. inż. Jerzy Merkisz

(Editor-in-Chief/*redaktor naczelny*)

mgr Krystyna Bubacz

(Editorial Office/*sekretarz redakcji*) redakcja@ptnss.pl

dr inż. Ireneusz Pielecha

prof. dr hab. inż. Marek Brzeżański

dr inż. Jacek Pielecha

Collaboration/*Współpraca*:

dr inż. Maciej Bajerlein, dr inż. Mirosław Kozak,

mgr Tomasz Pawlak

Editorial

Dear Readers,

A combustion engine is a dominant source of propulsion in contemporary motor vehicles. It is most probable that despite its drawbacks it will still dominate for years to come. A combustion engine is also a vehicle component that has recently undergone the most extensive improvement. Potentially, it is also the greatest source of negative impact of motor vehicles on the environment.

In the past engineers designed engines with a view to obtaining the best performance. Today the most vital stimulant for the engine development is the engine's environmental impact i.e. the objective is the least possible exhaust and noise emissions along with low fuel consumption (carbon dioxide emission). The exhaust emission requirements (in terms of engine ecological properties) are set by both environment protection agencies and end-users themselves, which only confirms the growing ecological awareness of modern societies.

Our quarterly magazine *Combustion Engines/Silniki Spalinowe* is available for scientists to publish papers related to any types of combustion engines of any application. The majority of the publications however, are still related to the engines of motor vehicles, which is understood due to their tremendous popularity and also because the majority of scientific work is related to these very types of engines. The aim of the editorial is to extend the publishing scope to engines of other applications as well. In this context, we are proud to inform that we have established collaboration with many scientific centers whose main area of interest are aviation engines.

We are also proud to inform that recently more and more publications have been sent over to the editorial of *Combustion Engines/Silniki Spalinowe* from international authors. This only confirms the growing position of our magazine and for the readers it means better access to the results of research and development works carried out internationally.

Management PTNSS

Editorial of Combustion Engines/Silniki Spalinowe

Szanowni Czytelnicy,

Silnik spalinowy jest podstawowym źródłem napędu pojazdów samochodowych. Należy sądzić, że mimo wad jeszcze przez wiele lat będzie w tej roli dominował. Silnik jest również tym elementem pojazdu, który podczas ostatnich lat uległ największemu rozwojowi – potencjalnie jest on źródłem największego niekorzystnego wpływu pojazdów na środowisko.

W przeszłości silniki spalinowe były konstruowane pod kątem możliwości uzyskiwania wysokich osiągnięć. Aktualnie najważniejszym stimulatorem ich rozwoju jest niewielka uciążliwość dla środowiska naturalnego, czyli jak najmniejsza emisja substancji toksycznych i hałasu oraz małe zużycie paliwa (emisja dwutlenku węgla). Wymagania w zakresie właściwości ekologicznych silników są wysuwane zarówno przez urzędy ochrony środowiska, jak również przez samych użytkowników, co świadczy o wzroście świadomości ekologicznej społeczeństw.

Lamy kwartalnika *Combustion Engines/Silniki Spalinowe* dostępne są dla publikacji dotyczących wszelkich typów silników spalinowych o dowolnym zastosowaniu. Najwięcej publikacji dotyczy jednak silników pojazdów samochodowych, co wydaje się zrozumiałe z uwagi na powszechność ich zastosowania oraz z uwagi na to, że większość prowadzonych w kraju prac naukowo-badawczych dotyczy właśnie tych silników. Dążeniem redakcji jest publikowanie także informacji na temat rozwoju silników spalinowych o innych zastosowaniach. W tym kontekście ze szczególną satysfakcją informujemy o nawiązaniu współpracy z wieloma ośrodkami zajmującymi się rozwojem silników lotniczych.

Z zadowoleniem odnotowujemy także rosnącą liczbę zagranicznych prac nadsyłanych do opublikowania w *Combustion Engines/Silnikach Spalinowych*. Świadczy to o wzroście pozycji międzynarodowej naszego kwartalnika, a dla Czytelników oznacza lepszy dostęp do wyników prac badawczo-rozwojowych realizowanych za granicą.

Zarząd PTNSS

Redakcja Silników Spalinowych

Contents/Spis treści

Editorials/Od Redakcji 1

J. Merkisz: On-road exhaust emission testing/Badania emisji pojazdów w rzeczywistych warunkach ruchu (2011-SS3-301)..... 3

S. Neumann: Integrated cylinder pressure measurement for gas engine control/Sterowanie pracą silnika gazowego z wykorzystaniem układu do pomiaru ciśnienia w cylindrze (2011-SS3-302) 16

Z. Kneba: The production of effective power from a vehicle engine waste heat/Możliwości zamiany strumieni ciepła odpadowego silników pojazdów na moc efektywną (2011-SS3-303) 24

W. Mitianiec, G. Bac: Camless hydraulic valve timing system in combustion engines/Bezkrzywkowy hydrauliczny system sterowania zaworów w silnikach spalinowych (2011-SS3-304)..... 28

K.M. Romaniszyn, H. Wnęk: The approximated dynamic vehicle characteristics constructed based on the driving tests/Aproksymowane charakterystyki dynamiczne pojazdów budowane na podstawie testów jezdnych (2011-SS3-305)..... 38

J. Mamala, S. Brol, J. Jantos: The operating parameters of internal combustion engines in the road test/ Parametry pracy silnika spalinowego w teście drogowym (2011-SS3-306) 45

M. Walsh: Global trends in motor vehicle pollution control: a 2011 update. Part 2 (2011-SS3-307)..... 53

Abstracts of papers available on the attached DVD-ROM/
Streszczenia artykułów znajdujących się na płycie DVD... 59

Editor/Wydawca
Polskie Towarzystwo Naukowe
Silników Spalinowych
 43-300 Bielsko-Biała, ul. Sarni Stok 93, Polska
 tel.: 33 8130402, fax: 33 8125038
 E-mail: sekretariat@ptnss.pl
 WebSite: http://www.ptnss.pl

The Publisher of this magazine does not endorse the products or services advertised herein. The published materials do not necessarily reflect the views and opinions of the Publisher./Redakcja nie ponosi odpowiedzialności za treść reklam i ogłoszeń. Publikowane materiały i artykuły wyrażają poglądy autorów, a nie Redakcji.

© Copyright by
Polish Scientific Society of Combustion Engines
 All rights reserved.
 No part of this publication may be reproduced, stored in a retrieval system or transmitted, photocopied or otherwise without prior consent of the copyright holder.
 Wszelkie prawa zastrzeżone.
 Żaden fragment tej publikacji nie może być reprodukowany, zapamiętywany w systemie odtwarzalnym lub przetwarzany bądź kopiowany w jakiegokolwiek formie bez wcześniejszej zgody właściciela praw wydawniczych.

Subscriptions/Prenumerata
 Send subscription requests to the Publisher's address. Cost of a single issue PLZ25 + postage and packing. Zamówienia należy kierować na adres Wydawcy. Cena numeru czasopisma wynosi 25 zł + koszty wysyłki.
Preparation for print/Przygotowanie do druku
 ARS NOVA Publishing House/Wydawnictwo ARS NOVA
 60-782 Poznań, ul. Grunwaldzka 17/10A
Circulation/Nakład: 700 egz.
Printing and binding/Druk i oprawa
 Zakład Poligraficzny Moś i Łuczak, sp.j.
 Poznań, ul. Piwna 1

This publication is co-financed by The Ministry of Science and Higher Education./Wydanie publikacji jest dofinansowane przez Ministerstwo Nauki i Szkolnictwa Wyższego.

Reviewers/Recenzenci:

prof. dr hab. inż. Sławomir Luft
 prof. dr hab. inż. Leszek Piaseczny
 prof. dr hab. inż. Andrzej Teodorczyk
 dr hab. inż. Zdzisław Chłopek prof. nzw.
 dr inż. Piotr Lijewski
 dr inż. Jacek Pielecha

Wydawnictwo rejestrowane w bazie danych o zawartości polskich czasopism technicznych – **BAZTECH** www.baztech.icm.edu.pl



Publikacje naukowe drukowane w kwartalniku **Combustion Engines/Silniki Spalinowe** otrzymują **9 punktów** zgodnie z Komunikatem nr 16/2010 Ministra Nauki i Szkolnictwa Wyższego z dnia 21 czerwca 2010 r.

Cover/Okladka
 I – Mercedes-Benz E-Class BlueDIRECT V8 engine (fot. media.daimler.com), background © Kim D. French – Fotolia.com
 IV – Common Rail Systems for Marine Diesel Engines (fot. www.bosch-presse.de)

On-road exhaust emission testing

The paper presents the reasons behind on-road vehicle exhaust emission testing. The latest legislation has been presented in the paper applicable in the EU as well as the research potential of the Institute of Combustion Engines and Transport of Poznan University of Technology. The presentation of the results of the on-road tests pertains to passenger vehicles, buses and non-road machinery (construction machinery, tractors) and aircraft. The comparison of the exhaust emissions from different means of transport under real traffic conditions constitutes an important trend included in the normative legislation related to exhaust emissions.

Key words: exhaust emissions, vehicle testing, on-road testing, real traffic conditions

Badania emisji pojazdów w rzeczywistych warunkach ruchu

W artykule zaprezentowano przyczyny podejmowania badań emisji spalin z pojazdów w rzeczywistych warunkach ruchu drogowego. Przedstawiono najnowsze przepisy prawne obowiązujące w Unii Europejskiej oraz podano możliwości badawcze Instytutu Silników Spalinowych i Transportu Politechniki Poznańskiej w zakresie badań drogowych różnego rodzaju pojazdów. Prezentacja wyników badań drogowych dotyczy samochodów osobowych, autobusów, a także pojazdów pozadrogowych (maszyn drogowych, ciągników) oraz samolotów. Porównanie emisji zanieczyszczeń różnych środków transportu w rzeczywistych warunkach ruchu stanowi docelowo ważny kierunek rozwoju ujęty w najnowszych przepisach normatywnych dotyczących tego zagadnienia.

Słowa kluczowe: emisja spalin, badania pojazdów, rzeczywiste warunki ruchu

1. Introduction

The basic factor deciding about the advancement of technology in all branches of industry is the need to reduce its negative impact on the natural environment. The use of advanced technologies and their development force the engineers to constantly evaluate the conditions of operation of machines and equipment as well as their impact on the natural environment. Besides, the improvement of the classic powertrain (combustion engines) research works have been conducted with a view to finding alternative sources of propulsion. Based on current analyses we can state that by 2050 combustion engines will still be a prevailing source of propulsion (Fig. 1).

2. Types of exhaust emission testing

The control of the exhaust emission level can be done in homologation tests on a chassis or engine dynamometer and, more frequently so, on the road, under real traffic conditions, let alone the method of estimation through on-board diagnostic devices (Fig. 2) [7].

The exhaust emissions from vehicle engines are constantly reduced through an introduction of ever better engine and exhaust system design solutions. The main reason for these actions is the evolution of the vehicle and engine emission legislation, particularly in the US, Japan and the European Union. Some countries, other than those listed above introduce their

1. Wstęp

Podstawowym czynnikiem rozwoju techniki i technologii we wszystkich dziedzinach przemysłu jest konieczność ograniczania jego negatywnego wpływu na środowisko naturalne. Stosowanie zaawansowanych technologii i ich rozwój zmuszają do ciągłej weryfikacji istniejących warunków pracy maszyn i urządzeń oraz skutków ich wpływu na środowisko naturalne człowieka. Poza doskonaleniem klasycznego napędu (silnik spalinowy) prace badawcze prowadzi się również w kierunku poszukiwania napędów alternatywnych. Opierając się jednak na dotychczasowych analizach, można stwierdzić, że do roku 2050 będą nadal dominować silniki spalinowe (rys. 1).

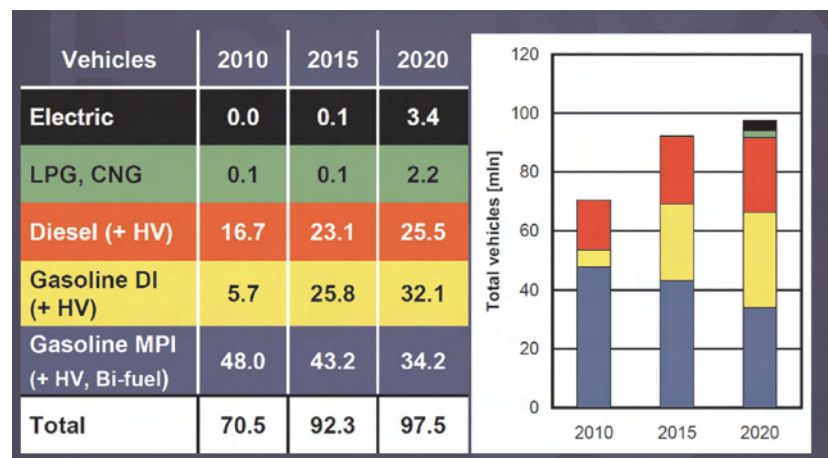


Fig. 1. Forecasted passenger vehicles in the world by 2020 [10]

Rys. 1. Przewidywana struktura samochodów osobowych na świecie do roku 2020 [10]

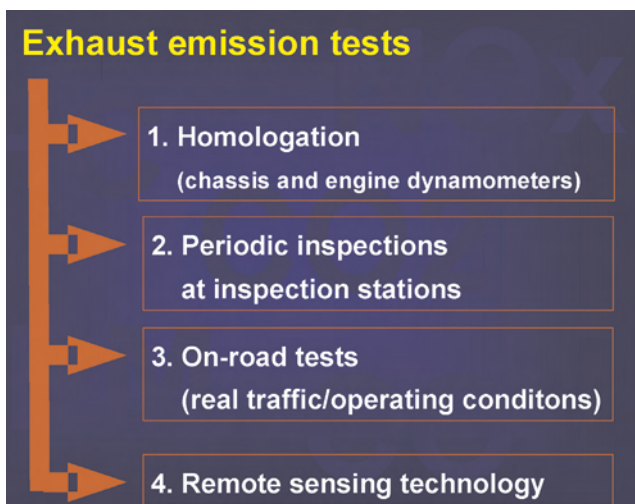


Fig. 2. Exhaust emission testing

Rys. 2. Badania związków toksycznych spalin

2. Rodzaje badań emisji spalin

Kontrola poziomu emisyjności pojazdów może odbywać się podczas badań homologacyjnych na hamowni podwoziowej lub silnikowej oraz – w coraz większym zakresie – podczas badań w rzeczywistych warunkach ruchu, a także szacunkowo – z wykorzystaniem systemów diagnostycznych bezpośrednio w pojazdach (rys. 2) [7].

Emisja związków szkodliwych z silników samochodowych jest ciągle zmniejszana przez wprowadzanie coraz lepszych rozwiązań konstrukcyjnych w silnikach oraz układach wylotowych. Głównym powodem tych działań jest rozwój przepisów dotyczących dopuszczalnej emisji z silników i samochodów, szczególnie w USA, Japonii i Unii Europejskiej. Niektóre państwa, poza wymienionymi, wprowadzają przepisy z opóźnieniem (rys. 3), wzorując się na przepisach europejskich lub amerykańskich. Wprowadzenie od roku 2010 w Europie nowych limitów dotyczących emisji związków szkodliwych w spalinach: Euro 5 i Euro 6 (od 2014 r., z nowymi metodami badawczymi

	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013
EU	E1	Euro 2			Euro 3			Euro 4			Euro 5		E6						
Turkey	Euro 1						Euro 4			Euro 5		E6							
USA	EPA95		EPA99	EPA01			EPA07												
Australia (gasoline)	Euro 1		Euro 2		Euro 3			Euro 4											
Australia (diesel)	Euro 1		Euro 2		Euro 4														
Argentina	Euro 1		Euro 2		Euro 3			Euro 4											
Brazil	Euro 1		Euro 2		Brazil 4		Brazil 5		Brazil 6										
Mexico	Euro 2		Euro 3																
Columbia	Euro 1			Euro 3															
Russia	Euro 1		Euro 2		Euro 3		Euro 4												
China (gasoline)	Euro 1		Euro 2		Euro 3		Euro 4												
Chiny (diesel)	Euro 1		Euro 2		Euro 3		Euro 4												
Vietnam	Euro 1			E2	Euro 3		Euro 4												
Singapore (gasoline)	Euro 2																		
Singapore (diesel)	Euro 2		Euro 3																
Hong Kong	Euro 3		Euro 4			Euro 5													
India (total)	Euro 1		Euro 2		Euro 3		Euro 4												
Indie (10 cities)	Euro 1		Euro 2		Euro 3		Euro 4		E5										
South Korea (gasoline)	Euro 1		Euro 2		Euro 3			Euro 4		Euro 5									
South Korea (diesel)	Euro 1		Euro 2		Euro 3			Euro 4		Euro 5									
Thailand	Euro 2		Euro 3			Euro 4													
South African Republic	Euro 2		Euro 3			Euro 4													

Fig. 3. Versatility of the world emission standards

Rys. 3. Różnorodność światowych przepisów emisyjnych

legislation with delay (Fig. 3) drawing on the European or American legislation. The introduction in Europe in 2010 of new exhaust emission limits: Euro 5 and Euro 6 (from 2014 with new testing methods related to the on-board diagnostics) requires a development of a new generation of engines and further advancement of the aftertreatment systems under all operating conditions. More attention is being drawn to the necessity of developing the testing methods so that they more accurately reflect the on-road operating conditions of engines and vehicles and developing tests that do not require dismounting of engines from vehicles [9, 13].

dotyczącymi diagnostyki pokładowej) wymaga opracowania nowej generacji silników i dalszego rozwoju konstrukcji układów obniżających emisję szkodliwych składników spalin w każdym warunkach pracy silnika. Coraz większą uwagę zwraca się również na zbliżenie proponowanych metod badawczych do rzeczywistych warunków eksploatacji silników i samochodów oraz opracowanie tanich testów badawczych niewymagających demontażu silnika z pojazdu [9, 13].

3. Tests under real traffic conditions

3.1. Methodology of testing using PEMS

European legislation related to the exhaust emissions is subject to constant and frequent changes. Directive 70/220/ECE for light duty vehicles ever since its introduction in the 1970s of the last century has been modified 19 times. The European Union has recently prepared a package of new exhaust emission legislation for motor vehicles – the Euro 5 and Euro 6 standards. The first of these acts has already been published, regulation 2007/46/EU of the European Parliament and the European Council that provides for the possibility of control of the exhaust emissions with the use of on-board diagnostics. Also, recommendations were included that allow an extended control of the emission under real traffic conditions (aside from the homologation tests) by Portable Emissions Measurement Systems for combustion engines in all types of transport [1]).

As for heavy duty vehicles in the new legislation significant changes were introduced in relation to the Euro V emission standard compliance.

The vehicle manufacturer should perform the first compliance tests within 18 months from the registration of the first vehicle fitted with the homologated engine. The tests should be repeated within a minimum of two years in the normal vehicle life cycle. The tested vehicle mileage should be at least 25 000 km.

The tests are conducted in a regular traffic. They are divided into three types:

- Urban cycle– vehicle speeds in the range of 0–50 km/h,
- Extra urban cycle– vehicle speeds in the range of 50–75 km/h,
- Expressway cycle– vehicle speeds higher than 75 km/h.

The share of the individual cycles depends on the vehicle category.

The duration of the driving cycle should be selected so that the total work or mass carbon dioxide emission is 5 times higher than in the WHTC cycle.

The measurement of the following engine and vehicle parameters is required: the concentration of THC, CO, NO_x, CO₂, CH₄ in the exhaust gases (only in tests of vehicles fueled with gaseous fuels; the PM mass and number are not included in the test), exhaust mass flow, engine torque and speed, vehicle speed, vehicle GPS position (longitude and latitude), fuel mass flow, ambient pressure and temperature, coolant temperature, intake air temperature.

The tests are conducted with the use of a portable exhaust emission analyzer – PEMS. In principle the device enables the measurement of all the mentioned engine and vehicle parameters. It is however admissible to use the data (torque, engine speed, vehicle speed, fuel mass flow, coolant temperature) from the on-board diagnostics. The legislation says that the data be fed by the on-board computer and recorded by the PEMS.

For the determination of the compliance of a vehicle in operation with the exhaust emission requirements a conformity factor is used. Through PEMS, in the whole driving

3. Badania w rzeczywistych warunkach ruchu

3.1. Metodyka badań emisji z PEMS

Europejskie przepisy dotyczące emisji zanieczyszczeń podlegają ciągłym i częstym zmianom. Dyrektywa 70/220/EWG dla pojazdów lekkich od wejścia w życie na początku lat siedemdziesiątych XX w. była znowelizowana 19 razy. Unia Europejska przygotowała obecnie pakiet nowych przepisów dotyczących emisji zanieczyszczeń z pojazdów samochodowych – wymagania Euro 5 i Euro 6. Opublikowano już pierwszy z dokumentów tego pakietu, rozporządzenie 2007/46/WE Parlamentu Europejskiego i Rady, w którym zawarto postanowienia odnośnie do możliwości kontroli emisji z wykorzystaniem pokładowych systemów diagnostycznych. Zawarto również zalecenia pozwalające w większym stopniu kontrolować emisję w warunkach rzeczywistych (poza testami homologacyjnymi) dzięki wykorzystaniu mobilnych analizatorów spalin PEMS (*Portable Emissions Measurement Systems*) z silników spalinowych wszystkich rodzajów transportu [1].

W odniesieniu do pojazdów ciężkich w nowych przepisach wprowadzono istotne zmiany w kontroli zgodności w eksploatacji w stosunku do obowiązujących dla pojazdów Euro V.

Producent pojazdów powinien przeprowadzić pierwsze badania zgodności w eksploatacji w ciągu 18 miesięcy od rejestracji pierwszego pojazdu wyposażonego w homologowany silnik. Badania powinny być powtarzane nie rzadziej niż co dwa lata w okresie normalnego życia pojazdu. Przebieg pojazdu pobranego do badań powinien wynosić co najmniej 25 000 km.

Badania są prowadzone w normalnym ruchu drogowym. Dzieli się go na trzy rodzaje:

- miejski – prędkości jazdy w granicach 0–50 km/h,
- zamiejski – prędkości jazdy w granicach 50–75 km/h,
- autostradowy – prędkości jazdy większe niż 75 km/h.

Udział poszczególnych rodzajów ruchu w cyklu jazdy zależy od kategorii pojazdów.

Długość cyklu jazdy powinna być tak dobrana, by całkowita wykonana praca lub masowa emisja dwutlenku węgla była pięć razy większa niż w cyklu WHTC.

Wymagany jest pomiar następujących parametrów pracy silnika i pojazdu: stężenia w spalinach THC, CO, NO_x, CO₂, CH₄ (tylko przy badaniach pojazdów zasilanych paliwami gazowymi; masa i liczba cząstek stałych nie są objęte badaniami), masowego natężenia przepływu spalin, momentu obrotowego i prędkości obrotowej silnika, prędkości jazdy pojazdu, położenia pojazdu (długości i szerokości geograficznej), natężenia przepływu paliwa, temperatury i ciśnienia otoczenia, temperatury czynnika chłodzącego, temperatury powietrza przy wlocie do silnika.

Badania są prowadzone z wykorzystaniem przenośnego układu do pomiaru emisji zanieczyszczeń PEMS. W zasadzie urządzenie to powinno umożliwić pomiar wszystkich wymienionych parametrów pracy silnika i pojazdu. Dopuszcza się jednak wykorzystanie do określenia momentu obrotowego i prędkości obrotowej silnika, prędkości jazdy pojazdu, natężenia przepływu paliwa i temperatury czynnika

cycle, the emissions of individual exhaust components are determined expressed as a function of engine operation in kW·h. The work is divided into portions referred to in the legislation as ‘windows’. For each portion an average emission of the individual exhaust components and the realized work are determined. On this basis, unit emission expressed in mg/(kW·h) and then the compliance factor CF as per the formula are calculated:

$$CF = e_i/L_i \quad (1)$$

where: e_i – unit emission i [mg/(kW·h)], L_i – admissible emission i in the WHTC test [mg/(kW·h)].

The vehicle is deemed as compliant if 90% of the CF value of the individual driving portions does not exceed 1.5.

In new legislation the testing methodology for emission requirements compliance in heavy-duty vehicles is different from that used in type approvals. This is a significant difference as compared to the currently applicable principle for both light duty and heavy-duty vehicles. According to that principle the methodology of compliance control and type approval should be identical.

3.2. On-road testing of passenger vehicles

The conducted verification tests of passenger vehicle exhaust emissions (gasoline, diesel, CNG, Euro 4 compliant – Fig. 4) under real traffic conditions at the same time constituted an attempt to develop an on-board exhaust emissions measuring system. The determining of the on-road emissions and comparing it with the values obtained on the chassis dynamometer in the homologation test leads us to the emission factor. The calculated emission factor answers the question whether the on-road emissions are comparable with the emissions obtained in the homologation test. At the same time it is the verification of the traffic conditions of the homologation test (developed decades ago) and the real traffic conditions.

The area of increased emission of nitric oxides fall in the range of maximum vehicle speeds and accelerations, hence significant engine loads. It is related to the increased fuel dose and at the same time increased engine speed. In the outstanding areas of vehicle operation for the engine fueled with gasoline the emission level amounts to 0.1–0.3 mg/s and for the CNG fueled engine this emission amounts to 0.5–1.5 mg/s. For the

chłodzącego danych z komputera pokładowego pojazdu. Przepisy wymagają, by były one dostarczane przez komputer oraz odczytywane i rejestrowane przez PEMS.

Do określenia zgodności pojazdu w eksploatacji z wymaganiami w zakresie emisji zanieczyszczeń służy współczynnik zgodności (*conformity factor*). Za pomocą PEMS określa się w całym cyklu jazdy emisję poszczególnych zanieczyszczeń wyrażoną w mg jako funkcję pracy silnika wyrażoną w kW·h. Pracę tę dzieli się na fragmenty zwane w przepisach „oknami” (windows). Dla każdego fragmentu określa się średnią emisję poszczególnych zanieczyszczeń i wykonaną pracę. Na tej podstawie oblicza się emisję jednostkową wyrażoną w mg/(kW·h), a następnie współczynnik zgodności CF zgodnie ze wzorem (1), w którym: e_i – jednostkowa emisja zanieczyszczenia i [mg/(kW·h)], L_i – wartość dopuszczalna emisji zanieczyszczenia i w teście WHTC [mg/(kW·h)].

Pojazd uznaje się za zgodny z wymaganiami, jeśli 90% wartości CF dla poszczególnych fragmentów cyklu jazdy nie przekracza 1,5.

W nowych przepisach metoda badań w ramach kontroli zgodności w eksploatacji pojazdów ciężkich różni się od stosowanej w homologacji typu. Stanowi to istotną różnicę w stosunku do zasady obowiązującej dotychczas zarówno dla pojazdów lekkich, jak i ciężkich, zgodnie z którą metody stosowane w kontroli zgodności w eksploatacji i homologacji typu powinny być identyczne.

3.2. Badania drogowe samochodów osobowych

Przeprowadzone badania weryfikacyjne emisyjności samochodów osobowych z silnikami spalinowymi (ZI, ZS, CNG, spełniającymi normę Euro 4 – rys. 4) podczas rzeczywistych warunków ruchu drogowego stanowiły jednocześnie próbę stworzenia pokładowego systemu pomiarowego związków szkodliwych. Wyznaczenie emisyjności w warunkach drogowych i porównanie jej z wartościami uzyskanymi na hamowni podwoziowej w teście homolo-



Fig. 4. Passenger vehicles during testing under real traffic conditions (fitted with various engine types: gasoline, diesel, CNG)

Rys. 4. Samochody osobowe podczas badań drogowych (wyposażone w różne typy silników spalinowych, zasilane: benzyną, olejem napędowym, CNG)

average speeds and accelerations the emission of nitric oxides from a vehicle fueled with CNG is 5 times higher than for the vehicle fueled with gasoline. For the maximum power the emission of nitric oxides is more than twice as high as the gasoline-fueled vehicle (even though a 10% lower power is obtained). There are however such engine work points where the emission of NO_x for a CNG fueled engine is more than 10 times higher than that of gasoline fueled engine (Fig. 5).

From the emission intensity characteristics we calculate the multiplicity of the increase/reduction of the emission under real traffic conditions as compared to the homologation tests. The vehicle emission index (for a given exhaust component) has been defined:

$$k_j = \frac{E_{rzcj,j}}{E_{NEDC,j}} \quad (2)$$

where: j – exhaust component for which the emission index was determined, $E_{rzcj,j}$ – emission intensity obtained under traffic conditions ([g/s]), $E_{NEDC,j}$ – emission intensity obtained in the NEDC test ([g/s]). The emission intensity under traf-

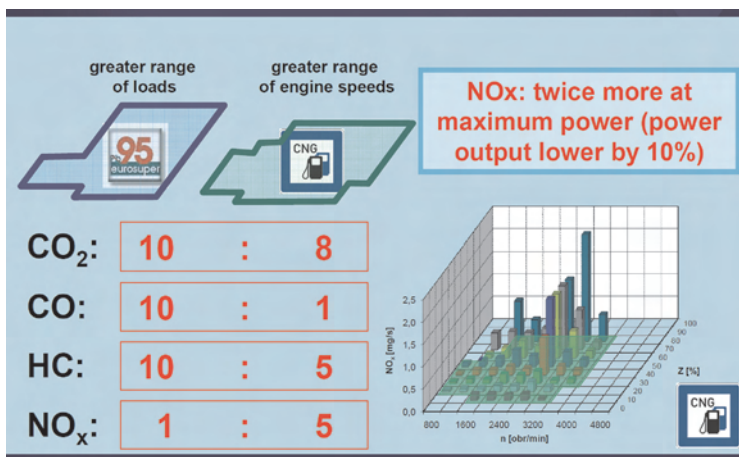


Fig. 5. The share of the operating time of vehicle fueled with gasoline and CNG in the road tests under real traffic conditions

Rys. 5. Udziały czasu pracy pojazdu zasilanego benzyną i CNG podczas badań drogowych w rzeczywistych warunkach ruchu

fic conditions can be calculated using the characteristics of the distribution of the driving time of the vehicle ($u_{a,V}$) and the characteristics of the emission intensity of a j -th exhaust component $e_j(a,V)$ expressed in grams per second:

$$E_{rzcj,j} = \sum_a \sum_V u_{a,V} \cdot e_j(a,V) \quad (3)$$

If no information is given on the exhaust components in the NEDC test we can adopt the values of the admissible Euro standards that are applicable for a given vehicle. The value of the admissible emission for a given exhaust component given in g/km can be converted to (in g/s) if we know the duration (1180 s) and distance (11,007 m) of the homologation test. Such relations serve to determine the emission indexes of the tested vehicles (Fig. 6).

gacyjnym pozwala na określenie wskaźnika emisyjności. Wyznaczony wskaźnik emisyjności służy do odpowiedzi na pytanie: czy emisja w warunkach drogowych jest porównywalna z emisją uzyskiwaną podczas testu homologacyjnego. Jednocześnie jest to weryfikacja warunków jazdy w teście homologacyjnym (opracowanym kilkadziesiąt lat temu) i warunków rzeczywistych ruchu pojazdów.

Obszar zwiększonego natężenia emisji tlenków azotu przypada dla zakresu maksymalnych prędkości pojazdu oraz dla jego przyspieszenia, a więc znacznego obciążenia silnika. Jest to związane ze zwiększeniem dawki paliwa a jednocześnie wzrostem prędkości obrotowej silnika. W pozostałym obszarze pracy pojazdu dla silnika zasilanego benzyną obserwowany jest poziom emisji 0,1–0,3 mg/s, natomiast dla silnika zasilanego CNG poziom emisji wynosi 0,5–1,5 mg/s. Dla średnich wartości prędkości i przyspieszenia emisja tlenków azotu z pojazdu zasilanego CNG jest 5-krotnie większa niż z pojazdu zasilanego benzyną. Dla wartości maksymalnej mocy emisja tlenków azotu jest ponad 2-krotnie większa niż dla silnika benzynowego (pomimo że uzyskuje się moc o 10% mniejszą). Istnieją natomiast takie punkty pracy silnika, w których emisja NO_x z silnika zasilanego CNG jest ponad 10-krotnie większa niż przy zasilaniu benzyną (rys. 5).

Z charakterystyk natężenia emisji oblicza się krotność zwiększenia/zmniejszenia emisji w rzeczywistych warunkach ruchu w stosunku do testu homologacyjnego. Wskaźnik emisyjności pojazdu (dla danego związku szkodliwego) zdefiniowano jako wzór (2), gdzie: j – związek szkodliwy, $E_{rzcj,j}$ – natężenie emisji uzyskane w warunkach rzeczywistych ([g/s]), $E_{NEDC,j}$ – natężenie emisji uzyskane w teście NEDC ([g/s]). Natężenie emisji w warunkach rzeczywistych można obliczyć, wykorzystując charakterystykę rozkładu czasu jazdy pojazdu ($u_{a,V}$) oraz charakterystykę natężenia emisji dla j -tego związku szkodliwego $e_j(a,V)$ wyrażonego w gramach na sekundę – wzór (3).

Jeżeli nie ma informacji na temat emisji związków szkodliwych pojazdu w teście NEDC, można przyjmując wartości dopuszczalne według normy toksyczności spalin Euro, która obowiązuje dla danego pojazdu. Wartości emisji dopuszczalnej dla danego związku podawane w g/km można przeliczyć na wartości natężenia emisji (w g/s), znając czas trwania (1180 s) i pokonywany dystans (11 007 m) w teście homologacyjnym. Zależności takie służą do wyznaczenia wskaźników emisyjności związków szkodliwych badanego pojazdu (rys. 6).

Uzyskane wartości wskaźnika emisyjności dla pojazdu zasilanego benzyną, olejem napędowym i CNG charakteryzują emisyjność pojazdu w warunkach drogowych w odniesieniu do normy emisji spalin, którą pojazd powinien spełniać. Wartość wskaźnika emisji tlenku węgla ($k_{CO} = 0,3-0,5$) i węglowodorów ($k_{HC} = 0,04-0,1$) dla wszystkich badanych pojazdów świadczy o nieprzekraczaniu średniej emisji tych składników w warunkach drogowych

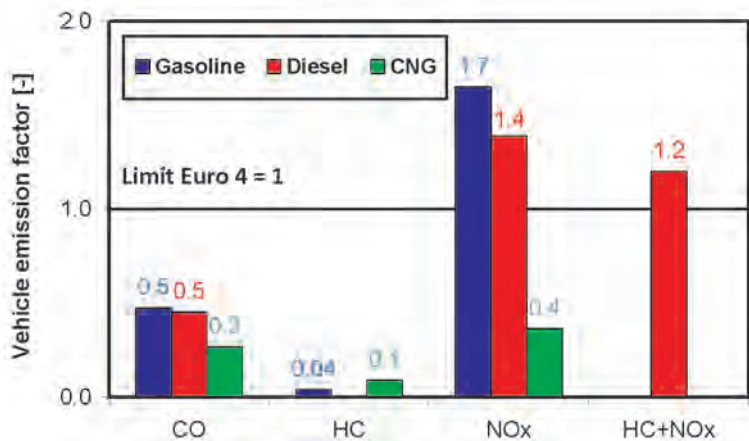


Fig. 6. Comparison of the vehicle emission index with the use of the data on the actual emission in the NEDC test or assuming the values admissible by the standard

Rys. 6. Porównanie wskaźnika emisyjności pojazdu z wykorzystaniem danych o rzeczywistej emisji w teście NEDC lub przyjęciu wartości odpowiadających wartościom dopuszczalnym według normy

The obtained values of the emission index for a vehicle fueled with gasoline, diesel oil and CNG characterize the vehicle on-road emissions in reference to the emission standard that the vehicle should comply with. The value of the emission index of carbon monoxide ($k_{CO} = 0.3-0.5$) and hydrocarbons ($k_{HC} = 0.04-0.1$) for all the tested vehicles confirms that the average on-road emissions are not exceeded in reference to the Euro 4 standard. It is quite contrary in the case of nitric oxides: only for the CNG fueled vehicle the emission index amounts to 0.4, which confirms that the emission is lower than that set forth in the standard; For the rest of the vehicles this index amounts to ($k_{NOx} = 1.4-1.7$), hence the average emission is approximately 40–70% higher than the Euro 4 emission standard allows. For the sum of HC + NO_x (Euro 4 standard limits the sum of these components for diesel engines) the emission index is higher than 1 ($k_{HC+NOx} = 1.2$), hence the standard (according to which the vehicle was homologated) is exceeded by 20%.

3.3. Bus on-road testing

The emission level of city buses due to specific conditions of their operation can only be evaluated when they are used on the road in real traffic. The most adequate tests for buses are the test conducted on their city routes. The tests were performed on a hybrid and conventional bus in city traffic in the Poznan using portable system for the exhaust emission measurement PEMS. The objects of the tests were buses manufactured by Solaris: one unit was fitted with a hybrid powertrain (Hybrid H18) and the other was fitted with a conventional powertrain. The buses were selected based on their similarities (18-meter in length, similar seating capacity) and so that there is a possibility of comparing the functionality and ecological properties of the buses under real

in reference to the Euro 4 standard. Differently is in reference to the nitrogen oxides emission: only for the CNG fueled vehicle the emission index amounts to 0.4, which confirms that the emission is lower than that set forth in the standard; For the rest of the vehicles this index amounts to ($k_{NOx} = 1.4-1.7$), hence the average emission is approximately 40–70% higher than the Euro 4 emission standard allows. For the sum of HC + NO_x (Euro 4 standard limits the sum of these components for diesel engines) the emission index is higher than 1 ($k_{HC+NOx} = 1.2$), hence the standard (according to which the vehicle was homologated) is exceeded by 20%.

3.3. Road testing of buses

The emission level of city buses due to specific conditions of their operation can only be evaluated when they are used on the road in real traffic. The most adequate tests for buses are the test conducted on their city routes. The tests were performed on a hybrid and conventional bus in city traffic in the Poznan using portable system for the exhaust emission measurement PEMS. The objects of the tests were buses manufactured by Solaris: one unit was fitted with a hybrid powertrain (Hybrid H18), and the other was fitted with a conventional powertrain. The buses were selected based on their similarities (18-meter in length, similar seating capacity) and so that there is a possibility of comparing the functionality and ecological properties of the buses under real

comparisons were made in reference to the unit emission (the evaluation was based on the mass of the harmful substance in relation to the energy consumed during each test). The following results of emissions for the hybrid bus in relation to the conventional bus (Fig. 7):

- high traffic congestion (tests conducted on weekdays): CO

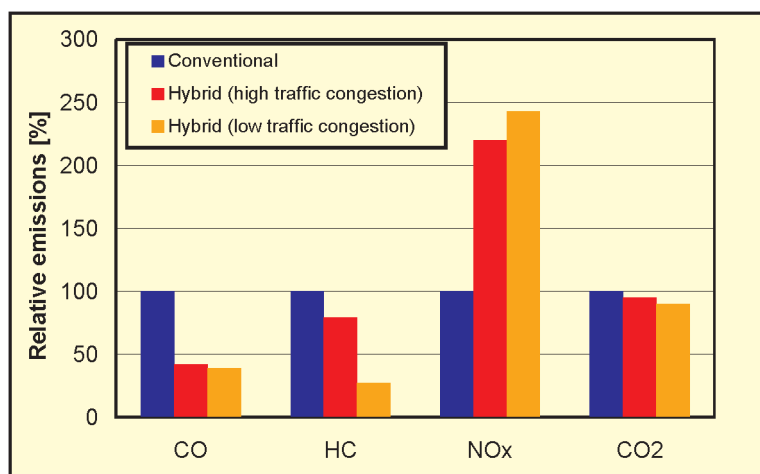


Fig. 7. Relative unit emission of the exhaust components from a hybrid bus as compared to the conventional bus (for which the values of 100% were assumed)

Rys. 7. Względna zmiana emisji jednostkowej związków szkodliwych autobusu hybrydowego w stosunku do konwencjonalnego (dla którego przyjęto wartości równe 100%)

traffic conditions (the bus engines complied with the Euro V standard).

The comparison was made in relation to the unit emissions (the mass of a given component was evaluated compared to the energy used during each test). The following results have been obtained for the hybrid bus as opposed to the conventional bus (Fig. 7):

- high traffic congestion (test performed on Friday): CO lower by 58%, HC lower by 21%, NO_x higher by 120%, CO₂ lower by 5%, fuel consumption – lower by 8%,
- low traffic congestion (test performed on Saturday): CO lower by 61%, HC lower by 73%, NO_x higher by 143%, CO₂ lower by 5%, fuel consumption – lower by 8%.



Fig. 8. Vehicles used of the tests

Rys. 8. Pojazdy wykorzystane do badań

3.4. Non-road vehicle testing

Transport is still one of the main source of emissions and consumption of fossil fuels. Unreasonable use of farm tractors for transportation of goods results in its negative impact on the environment at the same time increasing the fuel consumption as compared to other means of transport that could carry the same goods (Fig. 8) [5]. A light duty truck coupled with a semi-trailer reduces the time of transport, traffic nuisance due to its higher speeds and generates lower environment pollution.

The tests were performed on a farm tractor and a light duty pickup truck. The engine of the John Deere tractor is a modern unit fitted with the common rail system of the maximum pressure of 1600 bar that realizes multiple injections. The engine is VGT turbocharged. Based on the performed tests under real operating conditions the authors confirmed that the tested vehicle has better ecological parameters than the farm tractor. Analyzing the real emissions from the whole test the authors observed that the pickup truck has a lower emission of all the exhaust components and the emission from the farm tractor was many times higher. The greatest difference was recorded for the emission of CO, which for the farm tractor was over 25 times higher, the emission of HC – 11 times higher and the emission of NO_x almost 6 times higher. But for the emission of CO of the pickup truck, the emission of all the exhaust components from the pickup truck and the farm tractor exceeded the Euro 4 standards (Fig. 9). The farm tractor also had higher fuel consumption (CO₂ emission – almost three times higher than for the pickup truck). In the aspect

– mniejsze o 58%, HC mniejsze o 21%, NO_x większe o 120%, CO₂ mniejsze o 5%, zużycie paliwa – mniejsze o 8%,
 – małe natężenie ruchu (badania przeprowadzone w sobotę): CO mniejsze o 61%, HC mniejsze o 73%, NO_x większe o 143%, CO₂ mniejsze o 5%, zużycie paliwa – mniejsze o 8%.

3.4. Badania pojazdów pozadrogowych

Transport nadal jest jednym z głównych źródeł emisji związków toksycznych spalin i zużycia paliw kopalnych. Nieracjonalne wykorzystanie ciągników rolniczych do transportowania towarów powoduje negatywny wpływ na środowisko naturalne, jednocześnie zwiększając zużycie

paliwa w stosunku do innych rodzajów transportu tego samego towaru (rys. 8) [5]. Samochód dostawczy sprzężony z naczepą skraca czas transportu, zmniejsza utrudnienia w ruchu drogowym z powodu osiągniętej prędkości oraz emituje znacznie mniej zanieczyszczeń.

Badania wykonano na ciągniku rolniczym i samochodzie dostawczym typu pick-up. Silnik ciągnika John Deere to nowoczesna jednostka, zasilana układem wtryskowym typu common rail o maksymalnym ciśnieniu 1600 bar, który realizuje wtrysk wielofazowy, z turbodoładowaniem VGT. Na podstawie wykonanych badań w rzeczywistych warunkach eksploatacji stwierdzono, że korzystniejsze parametry ekologiczne ma przebadany samochód dostawczy niż ciągnik rolniczy. Analizując emisję drogową z całego przejazdu stwierdzono, że mniejszą emisję wszystkich związków szkodliwych miał samochód, emisja z ciągnika rolniczego była wielokrotnie większa. Największą różnicę odnotowano w odniesieniu do emisji CO, która dla ciągnika rolniczego była ponad 25 razy większa, emisja HC – 11 razy większa, natomiast emisja NO_x prawie 6 razy większa. Z wyjątkiem emisji CO samochodu dostawczego emisja wszystkich związków toksycznych, zarówno dla samochodu, jak i ciągnika, przekracza limity normy Euro 4 (rys. 9). Również większe zużycie paliwa (emisja CO₂) miał ciągnik rolniczy – ponad trzykrotnie w porównaniu z samochodem dostawczym. W aspekcie transportu ładunku i uczestnictwa w ruchu drogowym należy rozpatrywać również inne parametry przejazdu, takie jak czas i prędkość. Dla transportu z użyciem ciągnika rolniczego są one niekorzystne. Czas

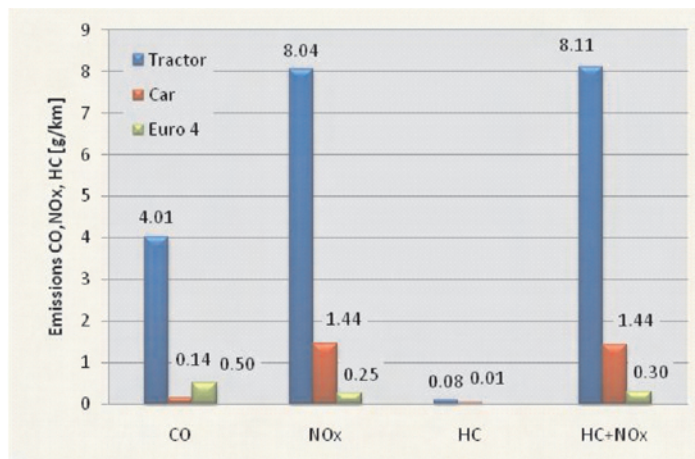


Fig. 9. The comparison of the on-road emissions of the light duty pickup truck and the farm tractor during the tests under real operating conditions

Rys. 9. Porównanie emisji drogowej samochodu dostawczego i ciągnika rolniczego podczas badań w rzeczywistych warunkach eksploatacji

of transportation of goods and traffic we also need to consider other parameters of the drive such as time and speed. For transporting of goods by a farm tractor these parameters are disadvantageous. The drive time by the tractor amounted to 72.6 minutes and the pickup truck 47.7 minutes. The average speed of the tractor was 24.6 km/h and the pickup truck 37.3 km/h. These two parameters are important from the point of view of the traffic – farm tractors usually constitute a traffic speed-reducing factor on the roads.

From the performed tests it results that transportation of goods of the mass of 4000 kg and, most likely also of lower mass, is more advantageous if a light duty truck is used for that purpose. The use of a pickup truck is characterized by a much lower emission of all the exhaust components and lower fuel consumption. It reduces the driving time and the fuel consumption and it is, thus, more economical. It also eliminates the traffic inconvenience resulting from low tractor speeds.

In the tests of the exhaust emissions under real operating conditions of machines (Fig. 10) when realizing fieldwork, we can observe that the engines of these machines operate mainly at steady speeds (which is advantageous for the exhaust emission level) and variable load – thus these conditions are different than those provided in the homologation tests. The greatest emission was recorded when changing the parameters of the engine i.e. changing of the settings of the operating machinery. Besides, the authors observed that the emissions under real operating conditions are much higher than the applicable limits – this particularly pertains to the emission of NO_x .

One of the groups of non-road machinery that is quite high in number is the construction and earthworks machines. They are usually powered by turbocharged direct injected diesel engines. Depending on the size of the machine and its role these engines are of the power output of 40 to 1000 kW. In terms of design they are different than traction engines. The operation of engines of several selected Caterpillar

przejazdu ciągnikiem wynosił 72,6 min, a samochodem 47,7 min. Średnia prędkość przejazdu ciągnikiem to 24,6 km/h, a samochodem 37,3 km/h. Te dwa parametry są istotne z punktu widzenia ruchu drogowego – ciągniki rolnicze są zwykle obiektami hamującymi i opóźniającymi ruch.

Z przeprowadzonych badań wynika, że transport ładunków o masie 4000 kg, a zapewne również o mniejszej, jest korzystniejszy samochodem dostawczym. Transport samochodem dostawczym charakteryzuje się znacznie mniejszą emisją wszystkich gazowych związków toksycznych i mniejszym zużyciem paliwa, skraca czas przejazdu i zmniejsza zużycie paliwa, jest zatem bardziej ekonomiczny. Pozwala także na wyeliminowanie utrudnień w ruchu drogowym wynikających z tego, że ciągniki są pojazdami wolnobieżnymi.

Z badań emisji związków toksycznych spalin w rzeczywistych warunkach pracy maszyn (rys. 10), w czasie wykonywania prac polowych, wynika, że silniki tych maszyn pracują głównie ze stałą prędkością obrotową



Fig. 10. Farm tractor emissions testing during fieldwork

Rys. 10. Badania emisji spalin podczas pracy polowej ciągnika rolniczego

(co sprzyja ograniczeniu emisji związków toksycznych), a zmienne jest obciążenie – są to zatem warunki odmienne niż w badawczych testach homologacyjnych. Największą emisję zarejestrowano podczas zmian parametrów pracy silnika, np. podczas zmiany nastaw urządzeń wykonujących pracę. Ponadto ustalono, że emisja w rzeczywistych warunkach eksploatacji jest znacznie większa niż obowiązujące limity – dotyczy to szczególnie NO_x .

Jedną z liczniejszych grup pojazdów o zastosowaniach pozadrogowych są maszyny budowlane i do robót ziemnych. Są one napędzane głównie silnikami ZS, turbodoładowanymi z bezpośrednim wtryskiem paliwa. W zależności od wielkości maszyny oraz jej przeznaczenia silniki te osiągają moc od 40 do 1000 kW. Pod względem konstrukcyjnym różnią się one od silników trakcyjnych. Analizowano pracę silników



Fig. 11. Objects of the investigations: a bulldozer and an excavator by Caterpillar

Rys. 11. Obiekty badań: spycharka i koparka firmy Caterpillar

machines were analyzed (Fig. 11): D6N (bulldozer), D6R (bulldozer), 325C (excavator).

A detailed analysis of the histograms of the engine operation can constitute a basis for the proposal of a field test of various non-road machines. Such a test should consider the most frequently used engine operating range. The ECE R96 test does not entirely reflect the real operating conditions of engines. The engines of the excavators operated for

kilku wybranych jednostek napędowych pojazdów firmy Caterpillar (rys. 11): D6N (spycharka), D6R (spycharka), 325C (koparka).

Szczegółowa analiza zapisów histogramów pracy silników może być podstawą do opracowania propozycji testów polowych różnych maszyn pozadrogowych. Test taki powinien uwzględniać najczęściej wykorzystywany zakres pracy silnika. Test ECE R96 nie w pełni odzwierciedla rzeczywiste warunki pracy silnika. Silniki koparek przepracowały około 35% całkowitego czasu pracy z prędkością obrotową biegu jałowego i obciążeniem nieprzekraczającym 50%. Pozostały czas pracy to praca w zakresie średnich prędkości obrotowych wału korbowego, stanowiących 60%–70% prędkości obrotowej wału korbowego mocy maksymalnej. Opierając się na powyższych danych, opracowano pozalaboratoryjny test toksyczności spalin (rys. 12); wykonanie testu jest możliwe dzięki wykorzystaniu właściwości hydraulicznych układów napędowych maszyn (kontrolowane obciążenie silnika). W teście dokonuje się pomiaru emisji tlenków azotu oraz stopnia zaczernienia spalin (jako substytutu emisji cząstek stałych).

Inną grupę maszyn stanowią maszyny do zastosowań specjalnych, m.in. kombajny leśne. Pomiarów emisji dokonano w rzeczywistych warunkach eksploatacji maszyny, pod-

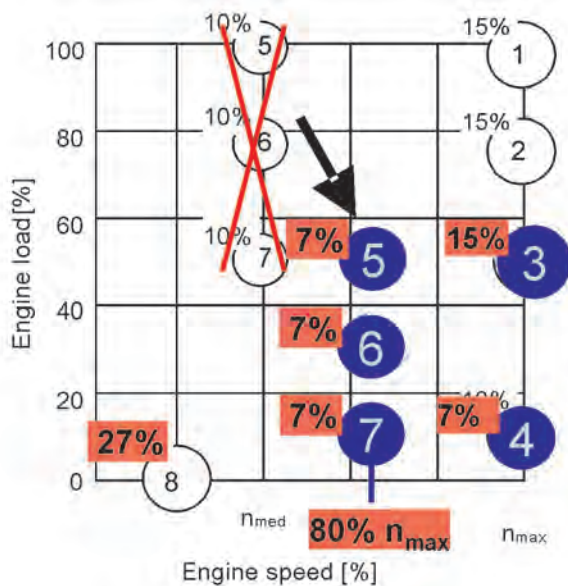


Fig. 12. A proposal of a new homologation test for excavator engines
Rys. 12. Propozycja nowego testu homologacyjnego silników koparek

approximately 35% of the total operating time at idle engine speed and load not exceeding 50%. The rest of the operating time was medium engine speeds that were 60%–70% of the engine speed of the maximum power. Based on the above data a non-laboratory exhaust emission test was developed (Fig. 12); the realization of the test is possible thanks to the hydraulics of the machine drivetrains (controlled engine load). In the tests the emission of nitric oxides and opacity are measured (as a substitute for the PM measurement).



Fig. 13. Forest harvester during the tests cutting trees
Rys. 13. Kombajn leśny podczas badań przy wycinaniu drzew

Yet another group of machines is special purpose machinery such as forest harvesters. The exhaust emission measurements were performed under real operating conditions of the machine during forest works while cutting trees and branches as well as chopping tree trunks of 2 m in length. The machine ready for the tests with the testing equipment fitted and while operating in the forest has been presented in Fig. 13. The works were carried out in a pinewood forest. The processed trees were of diameter of approximately 20–30 cm cut on a relatively small area of approximately 1 ha (in the tests the machine covered a distance of 2.3 km).

In many countries forest works are carried out with handheld chainsaws driven by gasoline engines. Forest harvesters are still quite rare in Europe, its eastern part in

czas prac leśnych polegających na wycince drzew, obcinaniu gałęzi i dzieleniu pni na bale o długości 2 m. Maszynę przygotowaną do badań, z zamontowaną aparaturą badawczą, oraz w trakcie wykonywania pracy przedstawiono na rys. 13. Praca była wykonywana w lesie, w którym dominował drzewostan sosnowy. Wycinane były drzewa o średnicy ok. 20–30 cm na stosunkowo niewielkim obszarze ok. 1 ha (podczas badań pojazd przejechał odległość 2,3 km).

W wielu krajach prace leśne polegające na wycince drzew są wykonywane z bardzo dużym udziałem ręcznych pił łańcuchowych napędzanych silnikami ZI. Kombajny leśne to nadal rzadkość w wielu krajach Europy, głównie Europy środkowo-wschodniej, np. w Polsce w 2008 r. było tylko 157 kombajnów leśnych, czyli jeden na około 580 000 ha lasów. W celu porównawczym wykonano również badania emisji związków toksycznych z silnika ręcznej piły łańcuchowej w rzeczywistych warunkach pracy. Była to piła napędzana dwusuwowym silnikiem ZI o maksymalnej mocy 2,5 kW. Porównanie emisji z silnika piły i kombajnu zamieszczono na rys. 14. W odniesieniu do ręcznej piły łańcuchowej emisja wszystkich związków toksycznych jest znacznie większa niż emisja z silnika kombajnu, np. dla HC emisja ta jest kilkaset razy większa, a dla CO ponad sto razy większa. Najmniejsze różnice odnotowano dla emisji NO_x. Aby uwiarygodnić różnicę właściwości ekologicznych porównywanych maszyn, należy odnieść się do ich wydajności. Szacuje się, że wydajność kombajnu jest równoważna wydajności 4 pił łańcuchowych. Ponadto na niekorzyść ręcznych pił łańcuchowych przemawiają także względy dotyczące bezpieczeństwa i higieny pracy.

Podobne badania porównawcze pracy wykonano dla lokomotywy manewrowej oraz ciągnika szynowo-drogowego o mocy około 100 kW. Ze względu na odmienne wartości siły pociągowej tych pojazdów analizy emisji spalin dokonano przy założeniu znacznego wydłu-

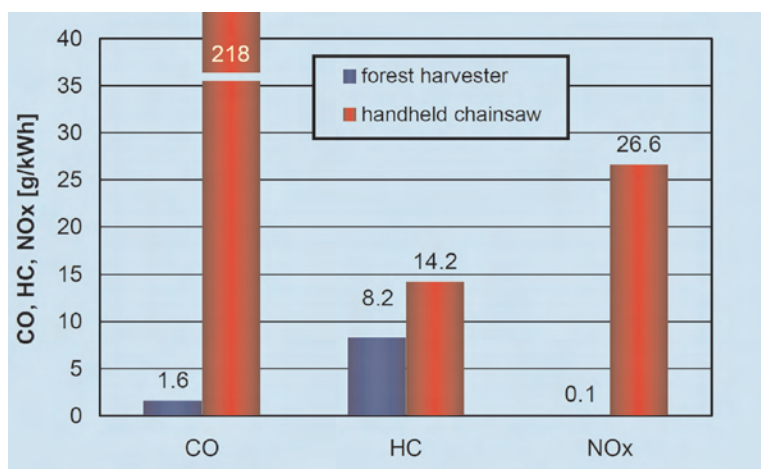


Fig. 14. The comparison of the exhaust emissions from a handheld chainsaw and a forest harvester under real operating conditions

Rys. 14. Porównanie emisji związków toksycznych spalin z silnika ręcznej piły łańcuchowej i kombajnu leśnego podczas pracy w rzeczywistych warunkach eksploatacyjnych

particular. In Poland in 2008 there were only 157 forest harvesters i.e. 1 in 580,000 ha of forest land. For comparison, the authors also performed exhaust emission tests from a handheld chainsaw under real operating conditions. This was a chainsaw driven by a two stroke gasoline engine of the power rating of 2.5 kW. The comparison of the exhaust emissions from the handheld chainsaw and the forest harvester has been shown in Fig. 14. As far as the chainsaw is concerned its exhaust emissions are much higher than the emissions from the harvester engine e.g. for HC this emission is several hundred times higher and for CO over one hundred times higher. The smallest differences were recorded for the emission of NO_x. In order to stress the difference in the ecological parameters of the compared machines we need to relate to their efficiency. It is estimated that the efficiency

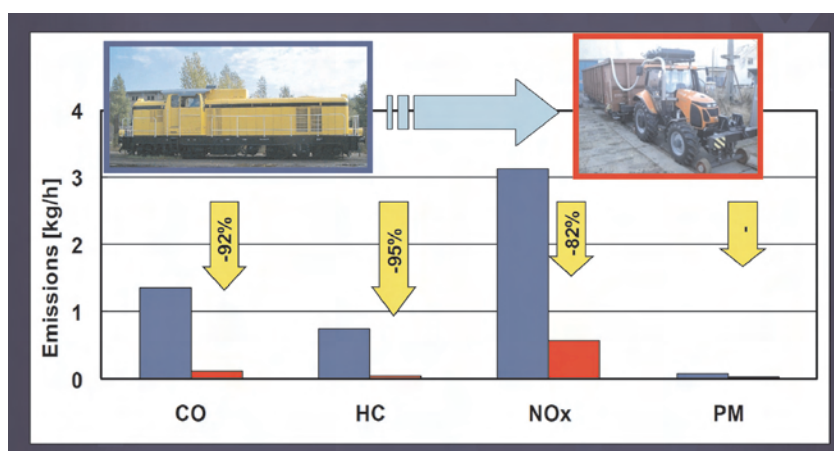


Fig. 15. The environmental consequence of the replacement of the shunting locomotives with rail tractors

Rys. 15. Skutki środowiskowe zastąpienia lokomotyw manewrowych lekkimi pojazdami szynowymi

of a forest harvester equals that of 4 handheld chainsaws. Besides, the occupational safety considerations clearly count against handheld chainsaws.

Similar comparative investigations were carried out for a shunting locomotive and a rail tractor of the power output of approximately 100 kW. Due to different values of the tractive force of these vehicles the analysis of the exhaust emissions was done assuming a much longer operation time of the rail tractor. If we replace the shunting locomotive with the tractor we can obtain a reduction of the carbon monoxide and hydrocarbons emission by 90%. The emission of nitric oxides is lower by more than 80% and the PM emission by 70% (Fig. 15).

Due to the specificity of the operation of armored vehicles an attempt was made to evaluate the operation of an armored vehicle



Fig. 16. Exhaust emission tests on armored vehicles under combat simulating conditions
Rys. 16. Badania emisji spalin pojazdów bojowych w warunkach poligonowych

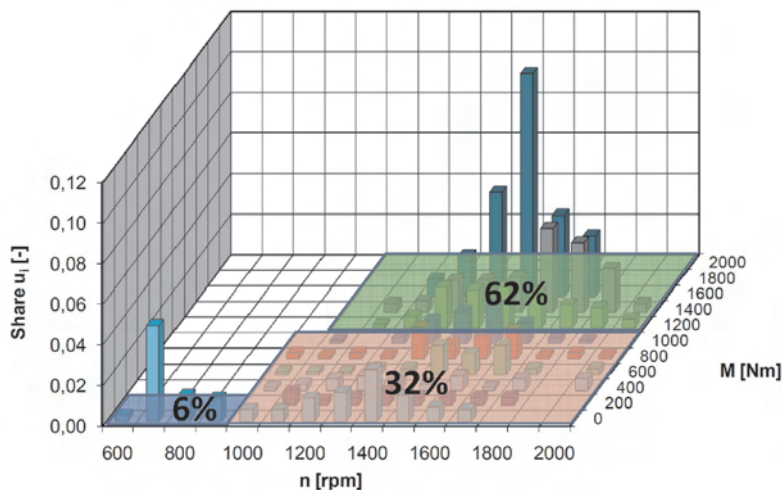


Fig. 17. The operating conditions of the armored vehicle engines that are the basis for the development of the test

Rys. 17. Warunki pracy silników pojazdów bojowych stanowiące podstawę opracowania testu toksyczności

and its impact on the fuel consumption and exhaust emissions. Knowing these values we can assess the character of operation of these vehicles (Fig. 16). The aim of the study was to answer the question to what extent the change in the operating conditions influences the fuel consumption and exhaust emissions in the armored vehicle.

Based on the tests of the operating conditions of the armored vehicles the authors determined the ranges that served for the development of a new test for this type of vehicles (Fig. 17). This test is composed of three operating modes under which the exhaust emission of the vehicle needs to be measured and then using the weighted coefficients (determining the length of operation in each mode) a weighted average is determined for the whole test. Lack of standards

żenia czasu pracy ciągnika szynowo-drogowego. W wyniku zastąpienia lokomotywy manewrowej ciągnikiem można uzyskać obniżenie emisji tlenku węgla i węglowodorów o ponad 90%, emisja tlenków azotu jest mniejsza o ponad 80%, a emisja cząstek stałych o 70% (rys. 15).

Ze względu na specyfikę użytkowania wozów bojowych podjęto próbę oceny sposobu eksploatacji wozu bojowego oraz jego wpływu na zużycie paliwa i emisję składników szkodliwych. Znajomość tych wielkości pozwala ocenić sposób użytkowania wozów bojowych (rys. 16). Celem opracowania jest odpowiedź na pytanie: w jakim stopniu zmiana warunków eksploatacji wpływa na zużycie paliwa i emisję składników szkodliwych przez silnik spalinowy pojazdu bojowego.

Na podstawie badań warunków pracy wozów bojowych ustalono zakresy, które posłużyły do opracowania nowego testu badawczego dla tego typu pojazdów (rys. 17).

Test ten składa się z trzech trybów pracy, w których należy określić emisję wozu bojowego, a następnie, korzystając ze współczynników wagowych (określających długość pracy w każdym warunkach), oblicza się średnią ważoną emisję z całego testu. Brak norm porównawczych można zastąpić normami dotyczącymi badań silników na hamowni silnikowej.

3.5. Badania statków powietrznych

Obecne przepisy dotyczące wpływu środków transportu lotniczego na środowisko naturalne wprowadzone przez EPA (*Environmental Protection Agency* – Agencja Ochrony Środowiska), ICAO (*International Civil Aviation Organization* – Organizacja Międzynarodowego Lotnictwa Cywilnego) zawarte w JAR 34 (*Joint Aviation Requirements* – przepisy

	Flight speed 130 km/h	Vehicle speed 130 km/h	Comparison of concentration
Engine speed [min ⁻¹]	2000	4000	plane / vehicle
Average concentration			
CO [%]	2.2	0.02	110 x more
HC [ppm]	2900	5	580 x more
NO _x [ppm]	400	40	10 x more
CO ₂ [%]	8.2	12	1.4 x less

Fig. 18. The comparison of the emissions from an aircraft and a vehicle
Rys. 18. Porównanie emisji z samolotu i z pojazdu samochodowego

for comparison can be compensated with standards related to engines tested on engine dynamometers.

3.5. Aircraft emission tests

Current legislation related to the impact of air transport on the natural environment introduced by EPA (Environmental Protection Agency), ICAO (International Civil Aviation Organization) set forth in JAR 34 (Joint Aviation Requirements), FAR 34 (Fuel Venting and Exhaust Emission Requirements for Turbine Engine Powered Airplanes) are mainly related to the noise and exhaust emissions (nitric oxides in particular). Comparing the emissions from an aircraft with the emissions from a passenger vehicle the aircraft emission are disadvantageous. For some of the exhaust components it could even be several hundred times higher (Fig. 18). The results of such analyses pushed the authors to embark on testing of aircraft under real operating conditions (Fig. 19).

4. Conclusions

In the new legislation the testing methodology for the compliance control of heavy-duty vehicles in operation diverges from that used in type approvals. Instead of testing of the engine on an engine dynamometer on-road testing was introduced. The exhaust emissions are measured by a portable exhaust emission measurement system PEMS. This is a significant difference as compared to the current status quo in this matter in relation to both light duty and heavy-duty vehicles (the methods of compliance control and homologation were supposed to be identical).

Current level of technology related to exhaust emission measurement enables a realization of on-road measurement of emissions in real traffic conditions [2, 9]. The greatest inconvenience of this type of research are the costs of the equipment and adaptations for the system to fit in the vehicle. Such attempts are currently being made, for comparison of different measuring techniques for different vehicles, in all countries whose priority is environment protection. Hence, we can see a trend leading towards making the on-road

określające normy emisji spalin), FAR 34 (*Fuel Venting and Exhaust Emission Requirements for Turbine Engine Powered Airplanes* – przepisy określające normy emisji spalin), dotyczą głównie emisji hałasu i związków szkodliwych spalin, ze szczególnym uwzględnieniem tlenków azotu. Porównując emisję z samolotu do emisji z samochodu osobowego, niekorzystnie przedstawia się emisja z samolotu, która jest dla niektórych związków nawet kilkaset razy większa (rys. 18). Wyniki takich analiz skłoniły do zajęcia się również tematem emisji ze statków powietrznych w rzeczywistych warunkach lotu (rys. 19).

4. Podsumowanie

W nowych przepisach metoda badań w ramach kontroli zgodności w eksploatacji pojazdów ciężkich różni się od stosowanej w homologacji typu. Zamiast badań silnika na hamowni silnikowej wprowadzono badania pojazdu w normalnym ruchu drogowym. Emisja zanieczyszczeń jest mierzona za pomocą przenośnego układu do pomiaru emisji zanieczyszczeń PEMS. Stanowi to istotną różnicę w stosunku do zasady obowiązującej dotychczas zarówno dla

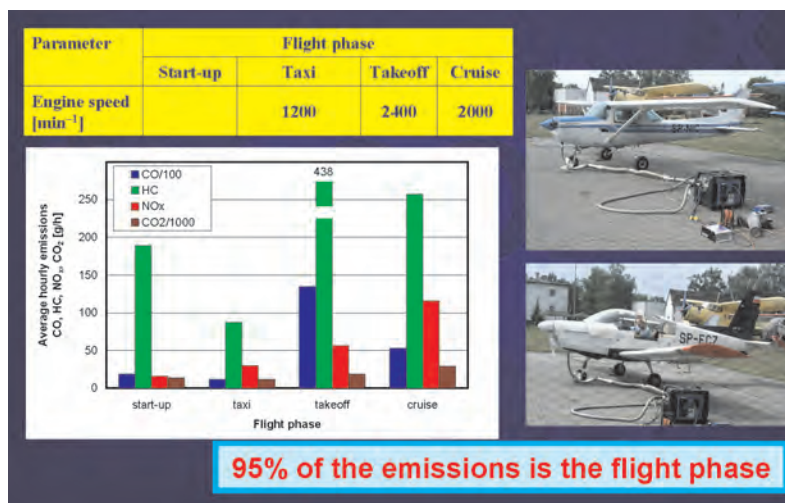


Fig. 19. The exhaust emission testing of aircraft under flight and stationary conditions
Rys. 19. Badania emisji związków szkodliwych spalin z silników lotniczych w warunkach lotu oraz w warunkach stacjonarnych

pojazdów lekkich, jak i ciężkich, zgodnie z którą metody stosowane w kontroli zgodności w eksploatacji i homologacji typu powinny być identyczne.

Obecny poziom techniki pomiarowej związanej z badaniem emisji związków szkodliwych spalin umożliwia realizację badań środków transportu w rzeczywistych warunkach eksploatacji [2, 9]. Największą niedogodnością takich badań jest wysoki koszt aparatury pomiarowej i przystosowanie jej do warunków zabudowy w pojeździe. Próby takie przeprowadza się obecnie we wszystkich państwach, w których ochrona środowiska stanowi priorytet działań, w celu porównania możliwości pomiarowych dla różnorodnych pojazdów i różnych urządzeń pomiarowych. W związku z powyższym dostrzegalny jest trend usankcjonowania pomiaru emisji związków szkodliwych w warunkach rzeczywistej eksploatacji pojazdów w Europie. Badania tego typu

emission measurement in Europe an applicable and legally binding scheme. This type of testing enables determining of the actual emissions of all the exhaust components under real operating conditions. The tests also allow an evaluation of the specificity of the operation of a given means of transport in terms of time density of the engine load. Such information enables determining of the operating states of powertrains along with their share in the total operating time. Such information can be related to the stationary test procedures, which in the future could lead to the optimization of the operating points of engines used in different types of transport.

Stringent emission requirements in relation to traction engines will make sense and bring measurable benefits only if the component of the total emissions, being the emissions from non-road vehicle engines is reduced. A system of standards developed in relation to the automotive engines will constitute the basis for the setting of limits related to railroad engines, heavy machinery, construction machinery and other stationary non-traction engines. In reference to the mentioned group of engines it is also necessary to consider its life cycle that is much longer than in the case of vehicle engines.

pozwalają określić poziom wartości emisji poszczególnych związków szkodliwych spalin w rzeczywistych warunkach ruchu. Ponadto umożliwiają ocenę specyfiki eksploatacyjnej środka transportu pod względem gęstości czasowej obciążenia silnika. Informacje te pozwalają na wyznaczenie stanów eksploatacyjnych zespołu napędowego wraz z ich udziałem w całkowitym czasie eksploatacji. Takie informacje mogą być odniesione do procedur testów stacjonarnych, co w przyszłości może umożliwić optymalizację punktów pracy silników eksploatowanych w różnych środkach transportu.

Rygorystyczne normy emisji w odniesieniu do grupy silników spalinowych napędzających samochody mają sens i mogą przynieść realne korzyści tylko wtedy, gdy również zmniejszeniu ulegnie składowa całkowitej emisji związana z pozadrogowymi zastosowaniami silników. System norm opracowany w odniesieniu do silników samochodowych będzie podstawą tworzenia odpowiednich limitów dotyczących silników w zastosowaniach kolejowych, w maszynach roboczych, budowlanych i innych oraz silników stacjonarnych. Odnośnie do wymienionej grupy silników konieczne jest uwzględnienie ich okresu eksploatacji, który jest znacznie dłuższy niż dla samochodu.

Paper reviewed

Bibliography/Literatura

- [1] Dyrektywa 2007/46/WE Parlamentu Europejskiego i Rady z dnia 5 września 2007 r. ustanawiająca ramy dla homologacji pojazdów silnikowych i ich przyczep oraz układów, części i oddzielnych zespołów technicznych przeznaczonych do tych pojazdów („dyrektywa ramowa”). OJ L 263/1, 9.11.2007.
- [2] Gao Y., Checkel M.D.: Experimental Measurement of On-Road CO₂ Emission and Fuel Consumption Functions, SAE Technical Paper Series 2007-01-1610.
- [3] Johnson K., Durbin T., Cocker D., Miller J., Agama R., Moynahan N., Nayak G.: On-Road Evaluation of a PEMS for Measuring Gaseous In-Use Emissions from a Heavy-Duty Diesel Vehicle, SAE Technical Paper Series 2008-01-1300.
- [4] Khair M., Khalek I., Guy J.: Portable Emissions Measurement for Retrofit Applications – The Beijing Bus Retrofit Experience, SAE Technical Paper Series 2008-01-1825.
- [5] Merkisz J., Lijewski P., Fuć P., Pielecha J.: Exhaust Emission Tests from Agricultural Machinery under Real Operating Conditions. SAE Technical Paper Series 2010-01-1949.
- [6] Merkisz J., Pielecha J., Pielecha I.: Gaseous and PM Emission from Combat Vehicle Engines during Start and Warm-Up. SAE Technical Paper Series 2010-01-2283.
- [7] Merkisz J., Pielecha J., Radzimirski S.: Pragmatyczne podstawy ochrony powietrza atmosferycznego w transporcie drogowym. Wydawnictwo Politechniki Poznańskiej, Poznań 2009.
- [8] Pi-qiang Tan, Zhi-yuan Hu, Di-ming Lou, Bo Li: Particle Number and Size Distribution from a Diesel Engine with Jatropa Biodiesel Fuel, SAE Technical Paper Series 2009-01-2726.
- [9] Rapone M., Ragione L., Meccariello G.: Characterization of Real-World Bus Driving Behavior for Emission Evaluation, SAE Technical Paper Series 2007-24-0112.
- [11] Sharp C.A., Feist M.: Results of the HDIUT Gaseous PEMS Measurement Allowance Program and Update on PM Program Status, Sensors 4th Annual SUN (SEMTECH User Network) Conference, Ann Arbor 2007.
- [12] Steininger N.: Automotive Particulate in European Legislation: State of the Art and Developments to Come. 13th ETH Conference on Combustion Generated Particles, Zurich 2009.
- [10] Schöppe D., Greff A., Zhang H., Frenzel H., Rösel G., Achleitner E., Kapphan F.: Requirements for Future Gasoline DI Systems and Respective Platform Solutions. 32th Internationales Wiener Motorensymposium 2011, Vienna 2011.
- [13] Yu Jinghong, Hosni E., Haskell J.: Application of Fuel and Cost Efficient Steering Technology – Variable Displacement Pump – to SUV/SUTS. World Automotive Congress Fisita, F2010-A-032, Budapest 2010.
- [14] Zhao F.F.: Technologies for Near-Zero-Emission Gasoline-Powered Vehicles, SAE International, Warrendale 2007.

Prof. Jerzy Merkisz, DSc., DEng. – Professor in the Faculty of Working Machines and Transportation at Poznan University of Technology.

Prof. Jerzy Merkisz – profesor na Wydziale Maszyn Roboczych i Transportu Politechniki Poznańskiej.

e-mail: jerzy.merkisz@put.poznan.pl



Integrated cylinder pressure measurement for gas engine control

Closed loop control based on cylinder pressure measurement has been investigated for over 20 years. The aim has been to improve combustion control and online engine diagnostics. However the price of cylinder pressure sensors and the high demands on processor capacity have been preventing the development. Lately however sensor technologies have improved and as a result costs have been reduced. The purpose of this work is to show the large amount of information that can be read out from the cylinder pressure curve and to evaluate a cylinder pressure based closed loop engine control.

Key words: gas engine, cylinder pressure, pressure sensor

Sterowanie pracą silnika gazowego z wykorzystaniem układu do pomiaru ciśnienia w cylindrze

Od ponad 20 lat prowadzone są prace rozwojowe dotyczące wykorzystania pomiaru ciśnienia w cylindrze, do sterowania parametrami silnika ze sprzężeniem zwrotnym. Celem tych prac jest zwiększenie kontroli nad przebiegiem spalania oraz diagnozowanie silnika on-line. Ograniczeniem zastosowania takich układów jest duża cena czujników oraz znaczne wymagania odnośnie do wydajności wykorzystywanych procesorów. Jednak obserwowany w ostatnim czasie rozwój technologii spowodował zmniejszenie kosztów ich wytwarzania. Celem niniejszego artykułu jest prezentacja możliwości wykorzystania informacji pochodzącej z czujnika ciśnienia w cylindrze silnika spalinyowego oraz adaptacja jej do sterowania pracą silnika.

Słowa kluczowe: silnik gazowy, ciśnienie spalania, czujnik ciśnienia

1. Introduction

Constantly increasing demands on low emissions, low fuel consumption and increased MTBF can be met with improved combustion control and online diagnostics. Higher efficiency on Diesel- and Gas Engines can only be reached with advanced sensors.

IMES GmbH has successfully developed their cylinder pressure sensor type HTT for serial production, which was introduced first time at CIMAC congress 2001. In the meantime more than 20,000 sensors were produced. Essential for the use is the long life stability @ 16,000–20,000 h and a low market price accepted by engine manufacturer for closed loop control applications.

A modular electronic concept of data acquisition and visualisation for combustion data for application on Diesel and Gas Engine was developed together with Wärtsilä Service Finland. The digital system for data acquisition from the cylinder pressure sensors so that, as the fundamental variable that determines a combustion engine's operation state like Pmax, IMEP, knocking and misfire, cylinder pressure data can be acquired continuously in real-time and used for service application round the world.

2. Longlife cylinder pressure sensor type HTT

The objective was to develop a high temperature pressure sensor, which will withstand the extreme hostile environment on the gas engine process.

In addition to the general required performance characteristics as low hysteresis, high linearity, and low temperature dependency cylinder pressure sensors must fulfil the following requirements:

1. Wprowadzenie

Sterowanie i diagnostyka silnika z wykorzystaniem sygnału ciśnienia w cylindrze stwarza możliwość spełnienia zwiększanych wymagań dotyczących emisji związków toksycznych spalin i zużycia paliwa. Jedną z możliwości zwiększenia sprawności silników o zapłonie samoczynnym i silników gazowych jest zastosowanie w procesie sterowania nowoczesnych i zaawansowanych technologicznie czujników ciśnienia.

Firma IMES GmbH sukcesywnie udoskonala czujniki (typu HTT) do pomiaru ciśnienia w cylindrze silnika, co w konsekwencji ma doprowadzić do produkcji seryjnej. Pierwsza prezentacja tych czujników odbyła się na Kongresie CIMAC w 2001 r.; od tego czasu wyprodukowano ich ponad 20 000 szt. Zasadniczą zaletą czujników firmy IMES jest znaczny czas stabilnej pracy 16 000–20 000 h i niska cena rynkowa akceptowana przez przemysł motoryzacyjny. To właśnie te cechy powodują, że mogą być one wykorzystywane do sterowania pracą silnika.

Firma IMES, wspólnie z Wärtsilä Service Finland, prowadziła prace rozwojowe nad systemem do akwizycji i wizualizacji parametrów procesu spalania silników o zapłonie samoczynnym i silników gazowych. Stworzony system umożliwia określenie następujących parametrów: maksymalnego ciśnienia spalania, średniego ciśnienia użytecznego, wykrywanie wypadania zapłonu oraz wykrywanie spalania stukowego. Parametry procesu spalania mogą być rejestrowane w sposób ciągły w czasie rzeczywistym i następnie wykorzystywane do obsługi serwisowej silnika.

In addition to the general required performance characteristics as low hysteresis, high linearity, and low temperature dependency cylinder pressure sensors must fulfil the following requirements:

1. Resistance to extreme variation of media temperature (RT-1700 °C).
2. Resistance to high vibration during heavy knocking.
3. Extreme high load cycles (5×10^8 to 10^9 full load cycles).
4. Long term stability up to temp. of 300 °C.
5. Small temperature shock drift of pressure signal.
6. Small dimensions (not larger than a spark plug).

3. Calculation of mechanical performance

Using the Finite Element Method (FEM) the measure cell is designed for extreme full load use (Fig. 1). The light areas are those with high load-bearings, the darker areas show parts of the measure cell with lower load-bearings. Using the FEM-calculations (Fig. 2) the measure cell/membrane was designed to the optimum dimensions.



Fig. 1. Measuring cell

Rys. 1. Element pomiarowy czujnika

4. Sensor type

The most commonly used sensor type is the HTT sensor (Fig. 3) with thread M14×1.25 HTT long life cylinder pressure sensor is mounted direct at the cylinder head (Fig. 4), which is designed for long term, continuous operation at up to 300 bar and 300 °C. During long-term tests on different engines the drifts in span and offset were minor.

The CPS sensor (Fig. 5) with thread M10×1 is specially designed for high speed gas engines with small installation places at cylinder head.

HTT- and CPS sensors have been designed for 16.000 operating hours on gas engines.



Fig. 3. Sensor head HTT-Sensor

Rys. 3. Czujnik ciśnienia HTT

2. Czujniki ciśnienia w cylindrze (typu HTT)

Rozwój czujników ciśnienia typu HTT firmy IMES był ukierunkowany na przystosowanie ich do zastosowań w niekorzystnych warunkach oddziaływania gazów spalinowych. Oprócz typowych wymagań stawianych czujnikom, takich jak mała histereza, duża linearyzacja, odporność na wysoką temperaturę, muszą one spełniać następujące warunki:

- duża odporność na zmiany temperatury (RT – 1700 °C),
- odporność na drgania,
- trwałość (5×10^8 do 10^9 pełnych cykli obciążeniowych),
- długi czas stabilnej pracy w temperaturze do 300 °C,
- mały dryft sygnału pod wpływem nagłych zmian temperatury,
- małe wymiary.

3. Obliczenia właściwości mechanicznych

Wykorzystując metodę elementów skończonych (MES), zaprojektowano optymalne wymiary membrany pomiarowej z uwzględnieniem jej maksymalnego obciążenia (rys. 1 i 2). Widoczne na rysunku ciemne obszary to część pomiarowa wykorzystywana podczas dużego obciążenia czujnika, natomiast jasne obszary – podczas mniejszego obciążenia.

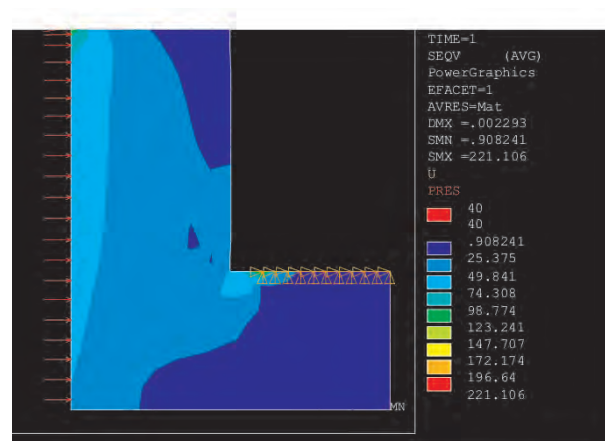


Fig. 2. FEM calculation

Rys. 2. Obliczenia mechaniczne czujnika z wykorzystaniem MES

4. Rodzaje czujników

Najczęściej stosowanym czujnikiem jest czujnik HTT z gwintem M14×1,25 (rys. 3). Czujnik taki jest montowany w głowicy silnika (rys. 4) i zaprojektowany do długotrwałej pracy ciągłej; ciśnienie robocze do 300 bar i temperatura do 300 °C. Doświadczalnie, podczas długotrwałych prób przeprowadzonych na różnych silnikach stwierdzono, że dryft sygnału z czujnika jest nieznaczny. Czujnik CPS z gwintem M10×1 zaprojektowano specjalnie do zastosowań w szybkoobrotowych silnikach gazowych (rys. 5). Oba czujniki HTT i CPS są przeznaczone do silników gazowych i zaprojektowane do pracy ciągłej przez 16 000 h.

5. Położenie czujnika

Czujniki mogą być montowane w dwojaki sposób (rys. 6 i 7), przy czym w przypadku zamocowania przedstawionego



Fig. 4. Installation place HTT-sensor
Rys. 4. Zamontowany czujnik HTT

5. Sensor position

Generally there are two possibilities for the installation position of cylinder pressure sensors: Head mounted or back mounted. If sensor is back mounted installed there are some possibilities of pipe vibrations.

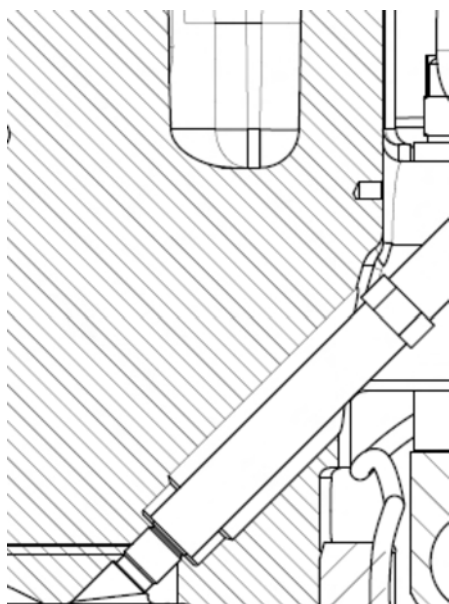


Fig. 6. Head mounted installation
Rys. 6. Zamontowany czujnik

6. Longlife stability

During a long-term operation the sensors were taken off from the engine after 16,000 h and sent back to IMES for checking the original calibration data (Fig. 7 and 8). The span and offset of each sensor was measured over the full temperature range. The experienced drifts in span and offset were minor, which is very important for the use on control loops on engines.

The Signal Conditioning Unit (SCU) has the opportunity to compensate offset change. This function can be switched ON or OFF at workshop.



Fig. 5. CPS-01 Sensor
Rys. 5. Czujnik CPS-01

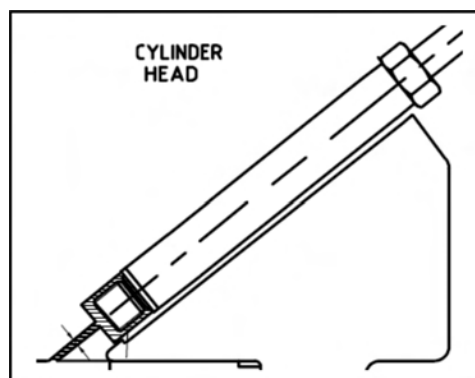


Fig. 7. Back mounted installation

Rys. 7. Sposób zamontowania czujnika z kanałem przepływowym

z na rys. 7, istnieje możliwość wystąpienia drgań czynnika w kanale łączącym komorę spalania i przestrzeń pod membraną pomiarową czujnika.

6. Trwałość czujników

Przeprowadzono próbę trwałościową czujników (16 000 h), po czym czujniki zdemontowano i wysłano do firmy IMES w celu sprawdzenia kalibracji (rys. 7 i 8). Sprawdzono rozrzut i uchyb sygnału w całym zakresie temperatury. Wartości były nieznacznie różne od prawidłowych, co jest bardzo ważne w aspekcie wykorzystania czujnika do sterowania parametrami pracy silnika w pętli sprzężenia zwrotnego. Za pomocą modułu przygotowania sygnału SCU (*Signal Conditioning Unit*) istnieje możliwość kompensacji zmian uchybu.

7. Dokładność czujników

Wykorzystanie czujników w procesie sterowania silnika oraz obliczenia termodynamiczne wymagają dużej dokładności wskazań czujników ciśnienia. W Large Engine Competence Center w Austrii w 2007 r. wykonano badania porównawcze czujnika IMES CPS-01 i piezoelektrycznego czujnika ciśnienia firmy AVL typ QC34C (rys. 10 i 11). Badania wykonano na jednocyldrowym silniku gazowym (prędkość obrotowa silnika 1500 obr/min, $P_{mi} = 12$ bar). Przeprowadzony eksperyment porównawczy dał pozytywny wynik i zaobserwowano zadowalającą korelację wyników.

8. Wizualizacja on-line i akwizycja danych z czujnika ciśnienia w cylindrze dla zastosowań obsługi serwisowej

Równocześnie z pracami rozwojowymi nad czujnikami ciśnienia prowadzono prace nad specjalnym oprogramowaniem systemu do akwizycji danych uzyskanych z pomiaru

1st 21.11.02			2nd 29.08.05			3rd 08.08.07		
T_REF PT 100 (°C)	P_CAL (bar)	P_Sensor (mA)	T_REF PT 100 (°C)	P_CAL (bar)	P_Sensor (mA)	T_REF PT 100 (°C)	P_CAL (bar)	P_Sensor (mA)
198,60	-0,05	4,29	199,00	0,07	4,29	198,40	0,12	4,17
198,60	59,95	7,46	200,40	59,68	7,46	199,00	59,49	7,39
199,10	119,95	10,52	201,20	119,23	10,57	199,60	119,49	10,47
198,60	179,90	13,81	201,20	179,79	13,81	200,00	179,13	13,68
199,00	239,80	17,03	199,70	240,05	16,99	200,10	240,15	16,85
199,00	298,90	20,23	200,20	300,17	20,17	200,20	300,12	20,04
198,60	0,00	4,38	200,30	0,07	4,32	199,60	0,12	4,19

Date	Zero Offset		Span Dev (mA/300bar)	Dev (%)
	corrected (mA)	Dev. (mA)		
21.11.02	4,29		16,002	
29.08.05	4,30	0,01	15,860	-0,143
08.08.07	4,17	-0,11	15,860	-0,142

Fig. 8. Calibration data

Rys. 8. Dane kalibracyjne czujnika

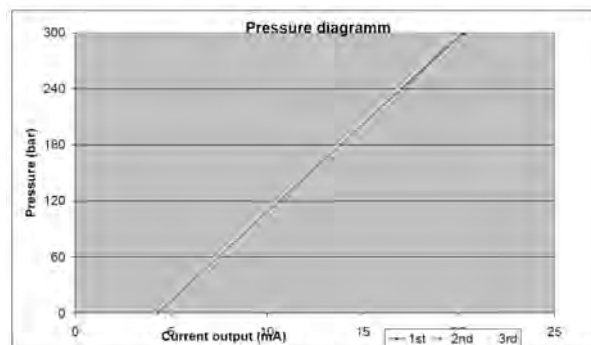


Fig. 9. Comparison of calibration data

Rys. 9. Porównanie danych kalibracyjnych czujnika

7. Accuracy of sensor

For future application on control loops it necessary to have a good long life stability- and a good accuracy of sensor for thermodynamic calculations. At the Large Engine Competence Center (LEC) at Graz – Austria comparisons between IMES CPS-01 sensors and high accuracy piezoelectric type sensors (AVL Typ:QC34C) were done in November 2007 (Fig. 10 and 11).

The comparison of the CPS-01 sensors to the water cooled piezo-electric reference sensor showed good results. The measurements were done on a single cylinder gas engine (1500 rpm) @ 12 bar P_{mi}.

Marine Classification

The HTT-04CA has Marine type approval of Bureau Veritas and Dets Norske Veritas Other marine class societies will follow.

8. Online data acquisition and visualisation system for combustion pressure for service application

In parallel, the company has developed a digital system for data acquisition from the cylinder pressure sensors so that, as the fundamental variable that determines a combustion engine's operation state like P_{max}, IMEP, knocking and misfire, cylinder pressure data can be acquired continuously an in real-time and so more effectively used as an engine control parameter.

To afford this benefit to service applications, the CMS (Fig. 12) was designed to measure, monitor and store combustion pressure signals referenced to the crank angle position of different types of constant medium speed gas engines (generator application). The calculated information is available to an industrial Notebook PC via CAN- bus. The CMS includes 21 pc. cylinder pressure sensors and terminal boxes which are delivered in a portable measurement device where all components can be stored during transportation.

The data acquisition- and visualisation software is designed for use on vee or inline configuration engines with 4 to 20 cylinders. All needed parameter for the engine types of W32DF, W34SG and W50DF are already fixed and can be selected and activated in a few seconds.

ciśnienia w cylindrze silnika. Program umożliwi monitorowanie i określenie w czasie rzeczywistym parametrów pracy silnika, np. maksymalnego ciśnienia w cylindrze, średniego ciśnienia użytecznego, wykrywanie spalania stukowego i wypadania zapłonów. Wykorzystując takie oprogramowanie, zaprojektowano i wykonano układ CMS (*Continuous, Combustion Measurement System* – system do ciągłego pomiaru spalania) do pomiaru i rejestracji sygnału z czujnika ciśnienia w cylindrze, jako funkcji kąta położenia wału korbowego silnika. System CMS jest dedykowany do silników gazowych średnioobrotowych, pracujących ze stałą prędkością obrotową (stosowanych do napędu generatorów). Dane są rejestrowane na dysku komputera połączonego z układem przez magistralę CAN-bus. Układ CMS zawiera 21 czujników ciśnienia i stację końcową, elementy te są

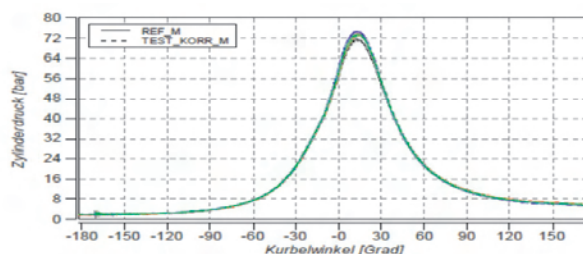


Fig. 10. Comparison CPS-01 sensors and reference sensor

Rys.10. Porównanie pomiarów ciśnień w cylindrze czujników CPS-01 i piezoelektrycznego AVL typ QC34C

		XFB018-D1	XFB018-H6	XFB018-A6	XFB018-E5
Pi	bar	0.44	0.75	0.36	0.52
PiH	bar	0.41	0.88	0.21	0.58
PiL	bar	0.03	-0.1	0.15	-0.0
Brennbeginn	Grad	0.85	-0.2	1.65	1.30
MFB_5%	Grad	0.85	-0.2	1.65	1.30
MFB_10%	Grad	0.75	0.20	1.25	1.05
MFB_50%	Grad	0.60	1.25	0.75	-1.15
MFB_90%	Grad	0.75	6.70	0.45	3.00
Spitzendruck	bar	-0.3	-0.6	-0.0	-0.4
Lage_Spitzendruck	Grad	0.40	0.40	0.40	1.40
Schwerpunkt	Grad	0.65	1.50	0.80	1.35
dQH_MAX	%/deg	0.02	-0.2	0.07	-0.0
dQH_MAX_LAGE	Grad	0	0.40	0	0

Fig. 11. Comparison data

Rys. 11. Porównanie parametrów czujników

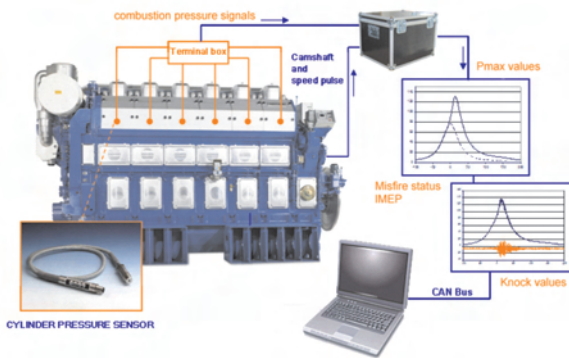
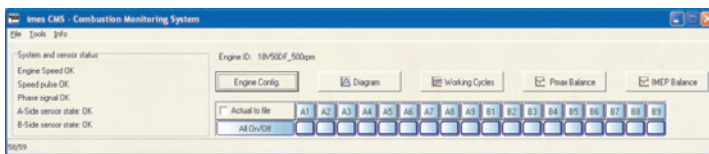


Fig. 12. System overview CMS
Rys. 12. Układ CMS

The main window of the visualisation software offers the possibility of selecting advanced monitoring functions in the following four diagrams:

- Pressure diagram
- Working cycle
- P_{max} balance
- IMEP balance
- COV of IMEP
- System check Sensors, -Pulse, -Data acquisition

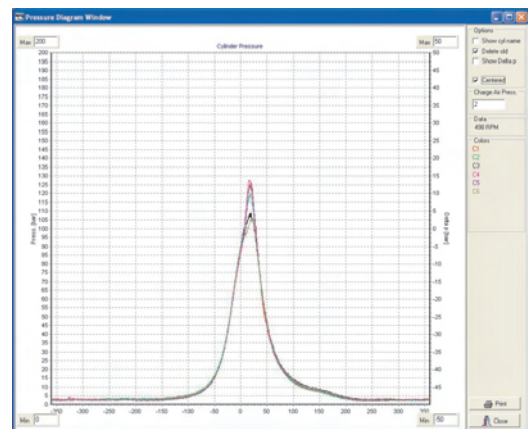
Main window/główne okno



P_{max} balance/rozrzuć maksymalnych ciśnień w cylindrze



Pressure diagram/wykres ciśnienia w cylindrze



Working cycle/przebieg parametrów pracy silnika

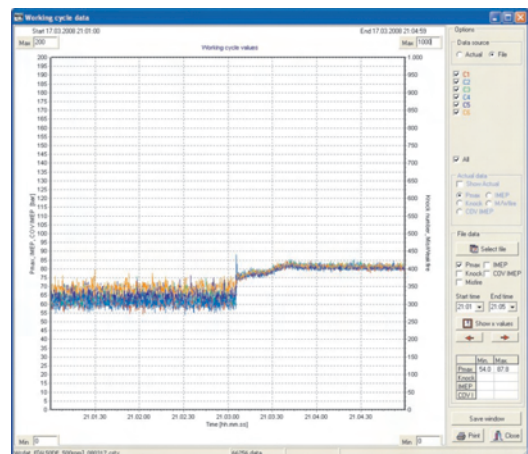


Fig. 13. CMS functions

Rys. 13. Widok okien dialogowych układu CMS

przystosowane do zastosowań mobilnych, zabezpieczone przed ewentualnymi uszkodzeniami w transporcie.

Oprogramowanie do akwizycji i wizualizacji parametrów pracy silnika jest przystosowane do silników o liczbie cylindrów 4–20 w układzie rzędowym lub widlastym. Wszystkie wymagane dane dla silników typu W32DF, W34SG, i W50DF są wprowadzone do systemu i mogą być aktualizowane na bieżąco.

Główne okno oprogramowania do wizualizacji danych umożliwia prezentację czterech wybranych wykresów:

- przebiegu ciśnienia w cylindrze (również wielu cykli),
- rozrzuć maksymalnych wartości ciśnienia w poszczególnych cylindrach,
- rozrzuć wartości średniego ciśnienia użytecznego w poszczególnych cylindrach,
- COV średniego ciśnienia użytecznego (współczynnik zmian średniego ciśnienia użytecznego),
- dane kontrolne (diagnostyczne) czujników,
- zarejestrowane dane.

9. Praktyczne wykorzystanie

Do wykrywania zjawiska spalania stukowego w systemie CMS wykorzystuje się czujniki przyspieszenia i

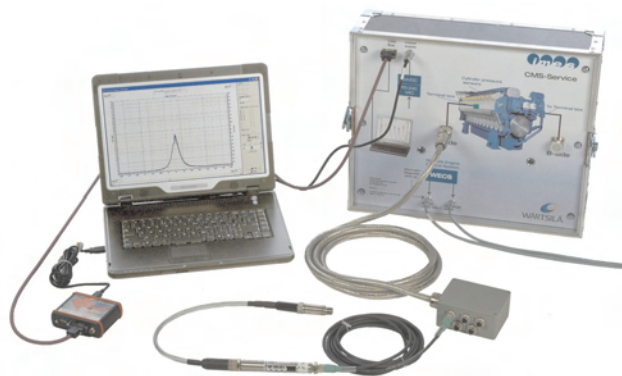


Fig. 14. CMS Cargo box components
Rys. 14. Elementy układu CMS

The following data: P_{max} , knocking misfire, IMEP, COV of IMEP will be automatically saved after start of visualisation software and can be monitored also in offline mode.

9. Practical application

CMS with cylinder pressure sensors can detect knocking much more precise than acceleration sensors (Fig. 16 and 17). The service engineer can adjust existing knock detection system with CMS. Also heavy knocking will be detected much earlier with CMS.

The visualisation software function (Fig. 18) helps application engineer to optimise cylinder balancing for decreasing mechanical impact of engine.

The compression pressure of all cylinder should have max. deviation of ± 2 bar at 15° CA (Fig. 19). With the help of this software function detected piston rings can be early detected.

10. Possibilities of pressure controlled engines

Cylinder pressure analysis allows to substitute conventional monitoring system: Acceleration sensors, lambda sensors, temperature sensors for exhaust gas temperature. Control loops with cylinder pressure sensors will be applied in the first step for injection control, knock detection and for air-/fuel ratio.

The a.m. list shows all possible applications with cylinder pressure: [1]:

- Cylinder balancing
- Detection of high peak pressure
- Knock and pre-ignition detection
- Weak- and misfire detection
- Fault detection/ diagnostics
- Ignition timing control
- Pilot optimization
- Visualization of different cylinder pressure related engine parameters



Fig. 15. CMS for stationary application

Rys. 15. Układ CMS do stacjonarnych zastosowań

czujnik ciśnienia w cylindrze; rozwiązanie to jest bardziej precyzyjne od systemów wykorzystujących tylko czujniki przyspieszenia (rys. 16 i 17). W układzie CMS istnieje możliwość wykorzystania zamontowanych na silniku czujników wykrywania spalania stukowego (rys. 16 i 17).

Optimisation of knocking (acceleration sensors)

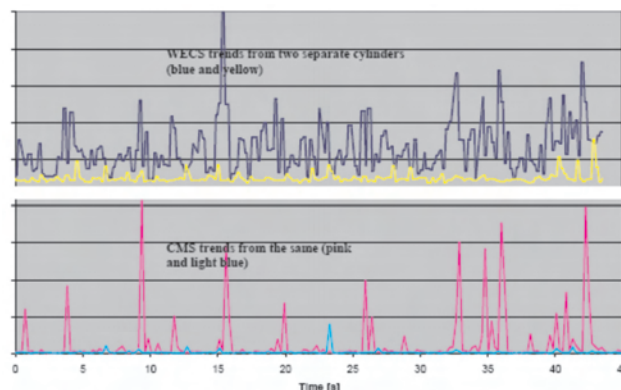


Fig. 16. Comparison acceleration sensors and CMS

Rys. 16. Porównanie sygnałów wykrywania spalania stukowego za pomocą czujnika przyspieszenia i systemu CMS

Load reduction after knock alarm

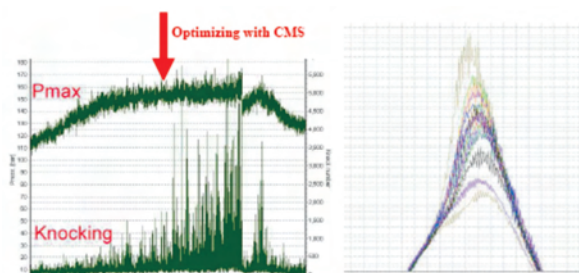


Fig. 17. Knock numbers calculated by CMS

Rys. 17. Wyznaczanie spalania stukowego w systemie CMS

Cylinder balancing; Engine stability

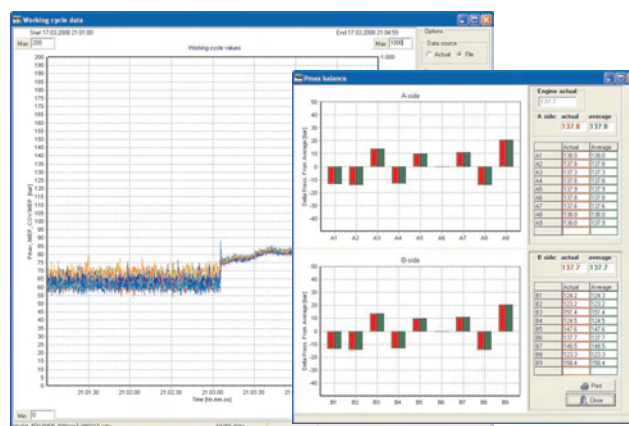


Fig. 18. Working cycle P_{max} and P_{max} balancing

Rys. 18. Przebiegi ciśnienia w cylindrze, rozrzut P_{max} w poszczególnych cylindrach silnika

Check compression pressure

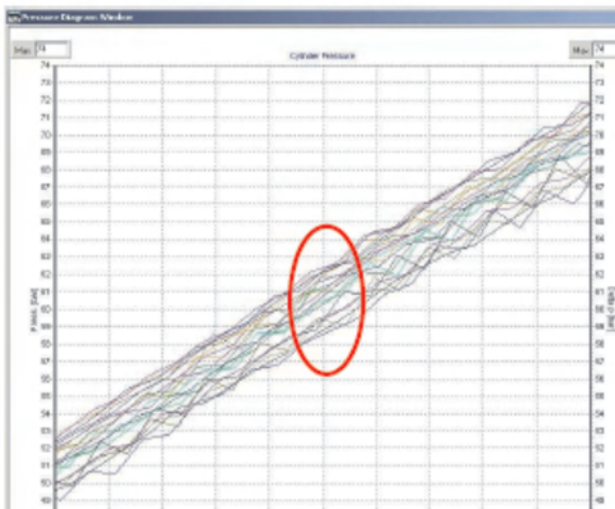


Fig. 19. Compare pressure at 15° CA before TDC

Rys. 19. Porównanie ciśnienia w cylindrze (położenie wału korbowego 15° przed GMP)

- Air/fuel ratio control
- Exhaust gas recirculation control
- Camshaft position sensing
- Providing indicated torque signal
- Simplified calibration/ reduces the need of mapping
- Warranty reduction
- Turbo surge prevention

The conventional method for exhaust gas temperature for mixture control is very old with delay reaction time. Closed loop control with cylinder pressure can detect mis- or weak fire and can start counter measure procedures.

Acceleration sensors will be applied for conventional knock detection. The influence of interference signal is high. Light- and medium knocking can be detected insufficient, which generate engine damage.

Knock detection with cylinder pressure sensors is very precise at light- and medium knocking for application on closed loop control.

Figure 20 shows overview about possibilities for to analyze cylinder pressure signals.

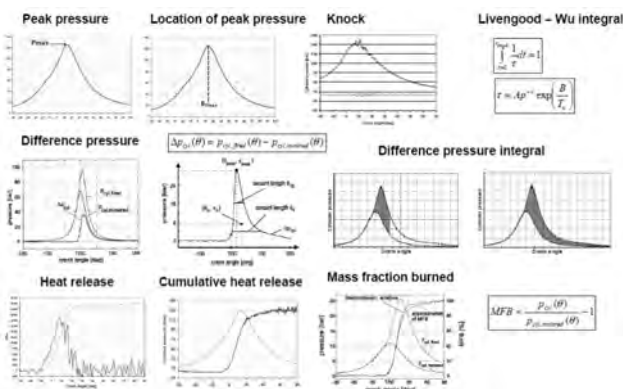


Fig. 20. Methods for analyzing cylinder pressure signal

Rys. 20. Metody analizy sygnału ciśnienia w cylindrze

Oprogramowanie do wizualizacji i rejestracji umożliwia wyrównanie maksymalnych ciśnień w poszczególnych cylindrach silnika. Dzięki temu różnice między wartościami ciśnienia w poszczególnych cylindrach nie przekraczają 2 bar (dla położenia wału korbowego 15° przed GMP) (rys. 19). Ponadto wizualizacja ciśnień w cylindrze pozwala na szybkie wykrycie uszkodzenia pierścienia tłokowego.

10. Możliwości sterowania silnika z wykorzystaniem pomiaru ciśnienia w cylindrze

Pomiar i analiza przebiegu ciśnienia w cylindrze mogą zastąpić wiele czujników wykorzystywanych w procesie sterowania silnika, np. czujnik przyspieszenia (wykrywanie spalania stukowego), sondę lambda, czujnik temperatury spalin. Sygnał z pomiaru ciśnienia w cylindrze w pierwszej kolejności powinien być wykorzystany do sterowania procesem wtrysku paliwa i wykrywania spalania stukowego. Pomiar ciśnienia w cylindrze może być wykorzystany do następujących zastosowań:

- wyrównanie ciśnienia w poszczególnych cylindrach silnika,
- wykrywanie gwałtownego zwiększenia ciśnienia w cylindrze,
- wykrywanie spalania stukowego,
- wykrywanie wypadania zapłonu,
- wykrywanie awarii silnika,
- wizualizacja przebiegów ciśnienia w cylindrze wraz z innymi parametrami pracy silnika,
- kontrola składu mieszanki,
- sterowanie recyrkulacją spalin,
- ustalenie aktualnego położenia wału korbowego silnika,
- ułatwienie sterowania pracą silnika, ograniczenie potrzeby sterowania według mapy zapisanej w jednostce sterującej,
- regulacja turbodoładowania.

Wykorzystanie pomiaru temperatury spalin do sterowania składem mieszanki charakteryzuje się opóźnioną reakcją silnika i jest metodą przestarzałą. Sterowanie z wykorzystaniem sygnału z pomiaru ciśnienia w cylindrze pozwala na wykrywanie wypadania zapłonów. Czujniki przyspieszenia mogą być wykorzystywane do wykrywania spalania stukowego, jednak wtedy może pojawić się zjawisko nakładania się sygnałów. Dlatego dla pewnych zakresów wypadania zapłonu (tzw. light i medium) metoda ta nie jest wystarczająca; w konsekwencji może doprowadzić do uszkodzenia silnika. W związku z tym efektywniejsze jest wykrywanie spalania stukowego z wykorzystaniem sygnału ciśnienia w cylindrze. Na rysunku 20 przedstawiono możliwości wykorzystania sygnału ciśnienia w cylindrze.

11. Wykorzystanie pomiaru ciśnienia w cylindrze. Wnioski z projektu Pilot Project 50 DF

Kontrola spalania stukowego

Na rysunku 21 przedstawiono porównanie wykrywania spalania stukowego metodą konwencjonalną i metodą z wykorzystaniem pomiaru ciśnienia w cylindrze. Przewiduje się, że dzięki opracowanej metodzie w przyszłości możliwe będzie opracowanie strategii sterowania ograniczającej zjawisko spalania stukowego.

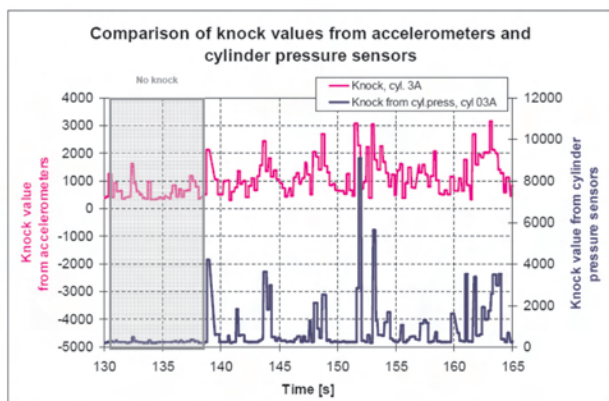


Fig. 21. Comparison knock detection with cylinder pressure sensors to conventional method

Rys. 21. Porównanie wykrywania spalania stukowego metodą konwencjonalną i z wykorzystaniem pomiaru ciśnienia w cylindrze

11. Application of pressure controlled engine and experience from Pilot project 50 DF

Knock control

Figure 21 showed secure and quick detection of knock values in comparison to conventional method. For future control strategies the cylinder can work close to knock limit for increasing efficiency of engine.

Cylinder balancing

Figure 22 shows minor P_{max} variance at cylinder balancing of all cylinder. The control function compared P_{max} single value of cylinder in comparison of average value of all cylinder. Hereby the efficiency of engine will be increased through decreasing mechanical engine impact.

By application of control function “Cylinder balancing” light and medium knocking (Fig. 23) is decreased which increased MTBF of engine.

12. Conclusion

An extremely durable long-life- and accuracy cylinder pressure sensor with different dimensions are available for serial production on the market. Pressure controlled engines have a big potential on the market to substitute conventional control methods. After first pilot projects the pressure controlled engines reduces emissions up to 25% lower NO_x values, 10% lower CO_2 values and 5% lower hydrocarbon values.

Bibliography/Literatura

- [1] Kaj Portin, Jenny H.: Gas engine control based on integrated cylinder pressure measurement, 6th Dessau Gas Engine Symposium 2009.

Stefan Neumann – President of IMES GmbH, Germany.

Stefan Neumann – Dyrektor firmy IMES GmbH, Niemcy.

e-mail: neumann@imes.de



Wyrównywanie ciśnienia w cylindrach silnika

Na rysunku 22 przedstawiono zmiany wartości maksymalnego ciśnienia w cylindrze bez i z procedurą wyrównania ciśnienia. Procedura ta polega na porównaniu maksymalnego ciśnienia danego cylindra z wartością średnią wyznaczoną dla wszystkich cylindrów. Rozwiązanie takie powoduje zwiększenie sprawności ogólnej silnika. Ponadto zastosowanie w procesie sterowania silnika funkcji wyrównania ciśnienia powoduje wyeliminowanie zjawiska spalania stukowego i zwiększa trwałość silnika (rys. 23).

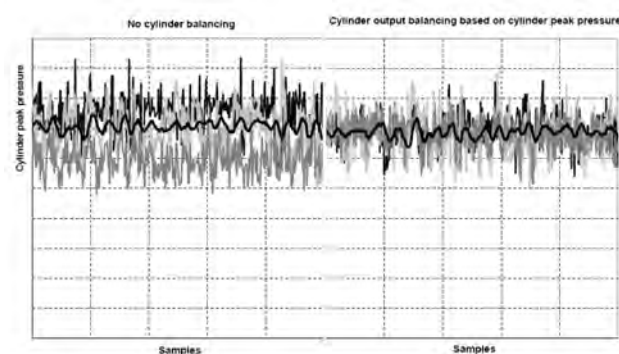


Fig. 22. Comparison P_{max} values with- and without balancing

Rys. 22. Porównanie zmian maksymalnego ciśnienia w cylindrze z funkcją i bez funkcji wyrównywania ciśnienia

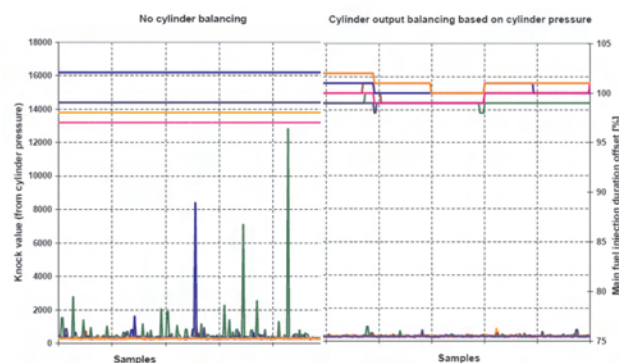


Fig. 23. Knock number of cylinder with- and without balancing

Rys. 23. Wykrywanie spalania stukowego bez funkcji i z funkcją wyrównywania ciśnienia w cylindrze

12. Podsumowanie

Zaprezentowane w artykule czujniki pomiaru ciśnienia w cylindrze charakteryzują się dużą trwałością i dokładnością; wykonywane są w wersjach o różnych średnicach, mogą być produkowane seryjnie. Przedstawiona metoda sterowania parametrami pracy silnika z wykorzystaniem pomiaru ciśnienia w cylindrze ma znacznie większy potencjał niż metody konwencjonalne. Podczas realizacji pierwszego projektu, dotyczącego sterowania pracą silnika z wykorzystaniem sygnału z pomiaru ciśnienia w cylindrze, stwierdzono zmniejszenie emisji NO_x o 25%, HC o 5% i CO_2 o 10%.

Paper reviewed

The production of effective power from a vehicle engine waste heat

The paper presents an overview of selected items of literature related to the possible use of the heat from a vehicle engine exhaust that is normally released to the environment. Systems of new standards, still on the testing stage not currently in use have been analyzed. The disadvantages such as large mass and high costs of the steam systems have been indicated. Thermo-generators, in turn, are characterized by low electric power per unit weight. In the last chapter the authors discuss the accumulation of heat in order to reduce the engine warm-up time.

Key words: vehicle engine use of waste heat

Możliwości zamiany strumieni ciepła odpadowego silników pojazdów na moc efektywną

W artykule przedstawiono przegląd wybranych pozycji literatury na temat możliwości wykorzystania ciepła odprowadzanego z silnika do otoczenia. Wymieniono głównie nowe, niestosowane seryjnie, ale obecnie projektowane i badane układy. Wskazano na niekorzystne cechy, takie jak duża masa i duże koszty układów parowych. Termogeneratory z kolei charakteryzują się małą mocą elektryczną na jednostkę masy. W ostatnim rozdziale wspomniano o akumulacji ciepła w celu skrócenia procesu nagrzewania silnika.

Słowa kluczowe: wykorzystanie ciepła odpadowego silnika samochodowego

1. Introduction

Costly and massive waste heat recuperation systems have not yet been used in automotive vehicles. Currently, tests of steam piston engines, steam turbines and electric cells are underway.

The largest sources for the production of effective energy are as follows in the efficiency order: engines exhaust gases, engine coolant and lubricant.

2. The use of the cycle of the vapor of water solution

In heavy-duty vehicles the exhaust gases downstream the turbocharger reach a temperature of approximately 450 °C [4].

The most advanced works on the prototypes are related to the Rankine cycle using vapor of a water solution of 2-methylpyridine or ethanol for the turbo generator or a generator driven by a steam machine [4] (Fig. 1).

The steam pressures in this cycle amount to 4 MPa. The evaporation takes place at 250 °C and further condensation is possible owing to the circulation of coolant. This takes place at 100 °C.

The efficiency of the Rankine cycle at the said parameters is 0.18.

Choking of the flow of exhaust gases by fitting a heater in the exhaust pipes may result in a 1% drop in the engine efficiency.

The placement of the heater downstream the aftertreatment system is not the best solution as the increased load on the cooling system triggered by the condensation of steam will result in an increased power consumption of the radiator fan.

Rather advantageous seems the fact that steam is generated in the recirculated exhaust gas cooler rather than

1. Wstęp

W pojazdach drogowych kosztowne i o dużej masie układy utylizacji ciepła nie były dotychczas stosowane. Obecnie prowadzi się próby prototypów układów z parowymi silnikami tłokowymi, turbinami parowymi i ogniwami elektrycznymi.

Największym źródłem energii do produkcji energii użytecznej są spaliny silnika, następnie ciecz chłodząca, a potem olej.

2. Wykorzystanie obiegów pary roztworu wodnego

W ciężkich samochodach użytkowych spaliny silnika za turbosprężarką mają temperaturę około 450 °C [4].

Najbardziej zaawansowane prace nad prototypami dotyczą wykorzystania obiegu Rankine'a z użyciem pary roztworu wodnego 2-metylopirydyny albo alkoholu etylowego do napędu turbogeneratora, lub generatora napędzanego maszyną parową [4] (rys. 1).

Ciśnienia pary w tym obiegu wynoszą 4 MPa. Parowanie zachodzi wówczas przy 250 °C, a skraplanie umożliwia obieg cieczy chłodzącej silnik. Następuje ono przy 100 °C.

Sprawność obiegu Rankine'a przy wspomnianych parametrach wynosi 0,18.

Dławienie przepływu spalin, przez zamontowanie w ich trakcie wylotowym kotła, może spowodować około jedno-procentowy spadek sprawności silnika.

Umieszczenie kotła za układem oczyszczania spalin nie jest najlepszym rozwiązaniem, gdyż wzrost obciążenia układu chłodzenia, spowodowany skraplaniem pary, spowoduje wzrost mocy pobieranej przez wentylator chłodnicy.

Dosyć korzystna wydaje się produkcja pary w chłodnicy recyrkulacji spalin, a nie tylko w trakcie wylotowym spalin, ponieważ spaliny muszą być chłodzone (rys. 2).

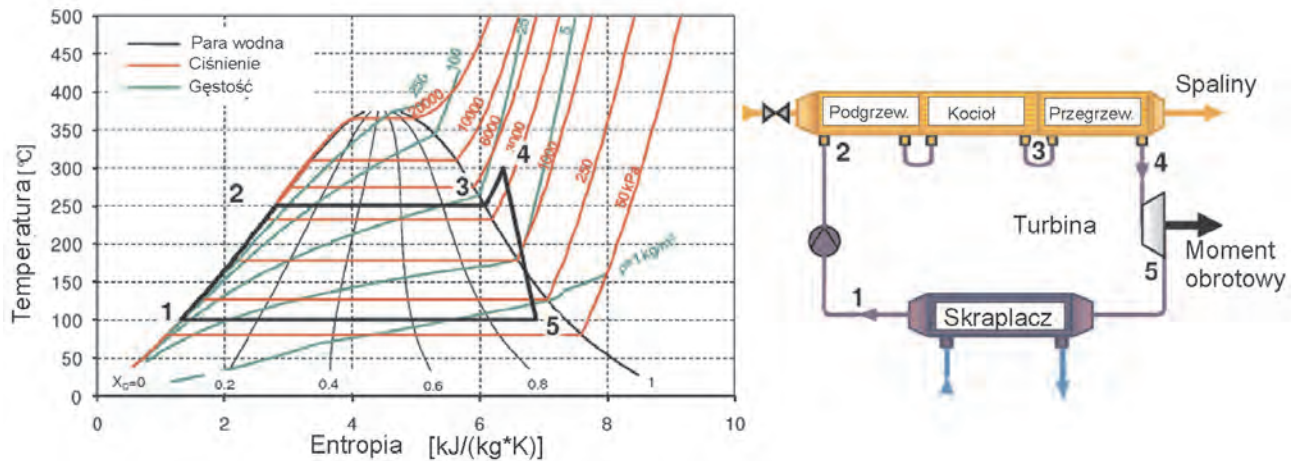


Fig. 1. Rankine thermodynamic cycle and the schematics of the system for its realization [4]

Rys. 1. Obieg termodynamiczny Rankine'a i schemat układu do jego realizacji [4]

exclusively in the exhaust pipes because the exhaust gases must be cooled down (Fig. 2).

The steam cycles using the exhaust gases and the coolant have been described in [3]. The works have been carried out for BMW.

In a system known as 'turbosteamer' (Fig. 3) a piston steam machine 3 drives a shaft through a cycle transmission. The steam of the water solution works in two independent circulations: high and low temperature ones. The steam for both circulations is formed in the steam generator 1. In the high temperature circulation it is overheated in the overheater 2. The steam, after the work is done in the piston engine 3, is condensed in the high temperature (5) and low temperature (4) condensers.

Obiegi parowe wykorzystujące spaliny i ciecz chłodzącą zostały opisane w [3]. Prowadzono prace na zlecenie firmy BMW.

W układzie o nazwie „turbosteamer” (rys. 3) tłokowa maszyna parowa 3 napędza wał napędowy samochodu przez przekładnię obiegową. Para roztworu wodnego pracuje w dwu niezależnych obiegach: wysokotemperaturowym i niskotemperaturowym. Para dla obu obiegów powstaje w wytwornicy 1. W obiegu wysokotemperaturowym jest przegrzewana w przegrzewaczu 2. Para po wykonaniu pracy w tłokowym silniku 3 jest skraplana w skraplaczu wysokotemperaturowym 5 i niskotemperaturowym 4.

3. Wykorzystanie ciepła spalin do produkcji energii elektrycznej

Wykorzystanie dużej ilości ciepła odprowadzanego do otoczenia do produkcji energii elektrycznej często było celem badań naukowych.

Szczególnie obecnie przy zastosowaniu hybrydowych układów napędowych pojazdów, czy dużej mocy odbiorników energii elektrycznej w samochodach, produkcja energii elektrycznej z ciepła jest pożądana.

Uzyskanie przepływu prądu w obwodzie zamkniętym polega na umieszczeniu w 2 różnych metali w różnych temperaturach. Jest to zjawisko odkryte przez

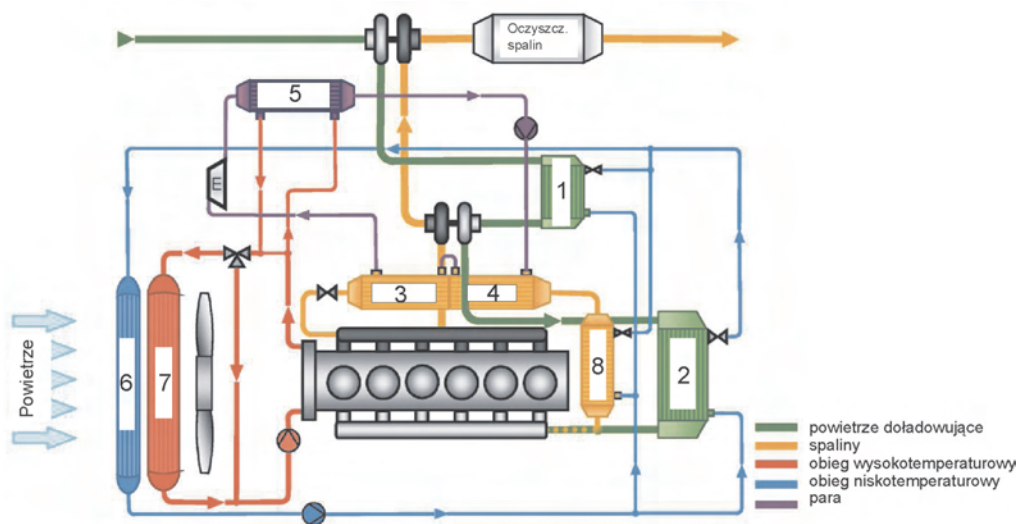


Fig. 2. Thermal systems of a heavy duty vehicle engine (prototype): 1 – high pressure intercooler, 2 – low pressure intercooler, 3 – steam tank, 4 – heater, 5 – condenser, 6 – low temperature circulation cooler, 7 – high temperature circulation cooler, 8 – recirculated exhaust gas cooler [4]

Rys. 2. Układy cieplne silnika ciężkiego samochodu użytkowego (prototyp): 1 – wysokociśnieniowa chłodnica powietrza doładowującego, 2 – niskociśnieniowa chłodnica powietrza doładowania, 3 – zbiornik pary, 4 – kocioł, 5 – skraplacz, 6 – chłodnica obiegu niskotemperaturowego, 7 – chłodnica obiegu wysokotemperaturowego, 8 – chłodnica spalin recyrkulacji [4]

3. The use of the exhaust gas heat in the production of electrical energy

The use of a high amount of heat released to the atmosphere for the production of electrical energy is frequently an objective in scientific research.

The production of electrical energy is particularly needed at present when hybrid powertrains or high power consumption energy receivers are used in vehicles.

The obtainment of current in a closed circuit consists in placing two different metals in different temperatures. This is a phenomenon discovered by Seebeck and Peltier. Such sources are referred to as mono-generators. The amount of generated energy depends on the differences of the temperature of the metals.

The stream of heat that can be converted into electrical power is expressed by the formula (1) [5]:

$$\dot{Q} = \gamma \cdot (T_H - T_C) \cdot I - \frac{1}{2} \cdot R_{TG} \cdot I^2 \quad (1)$$

where: \dot{Q} – stream of heat, T_H – higher metal temperature, T_C – lower metal temperature, γ – the Seeber-Peltier effect coefficient, I – current intensity, R_{TG} – thermo-generator internal resistance.

The idea of placing of the thermo-generators in the exhaust systems has been shown in Fig. 4.

Because current research results [4] indicate a 3% exhaust gas heat usage when driving with the speed of 140 km/h, considering the high investment costs the above described solution is not sufficiently practical for vehicles in city traffic.

4. The reduction of the engine warm-up time

The effective power (being the difference of the stream of heat fed with the fuel and air) and the loss capacity can grow when these losses are reduced.

An increase in the engine efficiency in the warm-up time consists in the reduction of this time, thus a reduction of the engine friction losses. This is not a direct conversion of thermal power to the effective power but indirectly it does grow. The reduction of the warm-up time is realized through several methods.

The first method is software control of the cooling system by blocking the circulation in the warm-up period. The stopping of the pump additionally positively influences the balance of engine power by boosting the mechanical efficiency in this time [6, 7].

Seebecka i Peltiera. Takie źródła nazywane są termogeneratorami. Ilość wytworzonej energii zależy od różnicy temperatur metali.

Strumień ciepła, jaki można zamienić na moc elektryczną przedstawia wzór (1) [5], gdzie: \dot{Q} – strumień ciepła, T_H – wyższa temperatura umieszczenia metalu, T_C – niższa temperatura umieszczenia metalu, γ – współczynnik efektu Seebera-Peltiera, I – natężenie prądu, R_{TG} – rezystancja wewnętrzna termogeneratora.

Ideę rozmieszczenia termogeneratorów w układzie wylotu spalin pokazano na rys. 4.

Ponieważ obecne wyniki badań [4] wskazują na 3% wykorzystania ciepła spalin, przy jeździe z prędkością 140 km/h, przy znacznych kosztach inwestycyjnych, opisany sposób utylizacji ciepła jest na razie nieprzydatny w samochodach osobowych w ruchu miejskim.

4. Skrócenie okresu rozgrzewania silnika

Moc użyteczna będąca różnicą strumienia ciepła doprowadzonego z paliwem i powietrzem oraz mocy strat może wzrosnąć, gdy zmniejszą się te straty.

Zwiększenie sprawności silnika w okresie rozgrzewania silnika polega na skróceniu procesu nagrzewania i wobec tego zmniejszeniu strat tarcia silnika. Nie jest to bezpośrednia zamiana odprowadzanej mocy cieplnej na moc efektywną, ale pośrednio zwiększa tę moc. Skrócenie procesu nagrzewania jest realizowane kilkoma metodami.

Pierwsza metoda to programowe sterowanie układem chłodzenia silnika przez zatrzymanie obiegu cieczy w okresie nagrzewania. Zatrzymanie pracy pompy wpływa dodatkowo korzystnie na bilans mocy silnika przez zwiększenie w okresie zatrzymania sprawności mechanicznej [6, 7].

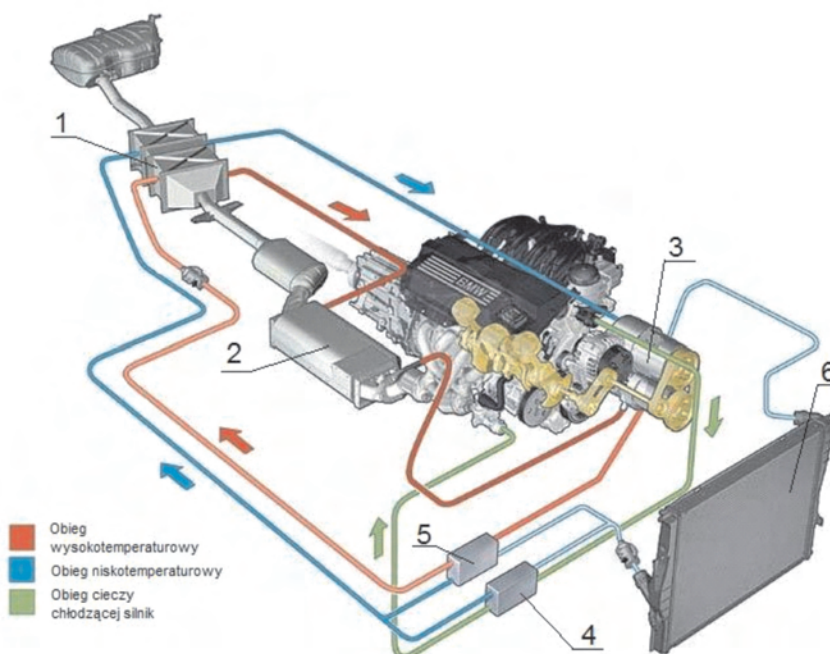


Fig. 3. The steam system known as 'turbosteamer' [3]

Rys. 3. Układ parowy „turbosteamer” [3]

The other method is heating up the coolant or lubricant with the heat accumulated in the coolant during last engine operation [2]. Alternatively, heat can be accumulated in PCM substances that in the range of temperatures that are typical of engine operation can change their phases.

The third way is direct heating of the coolant with hot exhaust gases when the engine warms up [1].

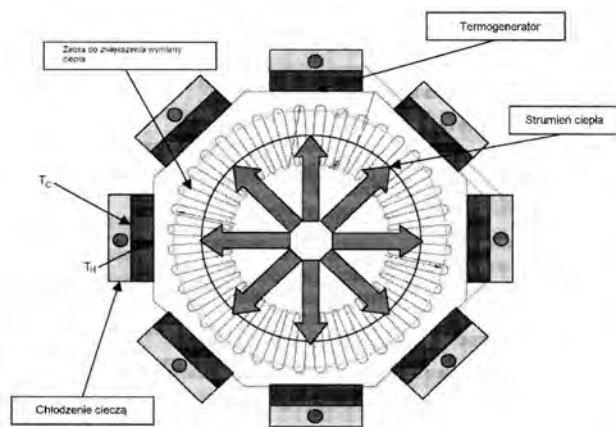


Fig. 4. Schematics of the thermo-generators in the exhaust system [5]
Rys. 4. Schemat konstrukcji termogeneratorów w układzie wylotu spalin [5]

5. Conclusions

The selected solutions of boosting of the effective power presented in this paper are nothing but an attempt to increase the engine efficiency.

A better use of the released heat stream is forecasted as an alternative to a modification of the engine internal design.

The works carried out are twofold. For heavy-duty vehicles the state of thermal balance and the conversion of the heat stream into effective power are more important.

For passenger vehicles used in cities the periods of operation during warm-up are very important (burdened with high losses).

The reduction of the warm-up time through an introduction of software control of the cooling system should bring the expected increase in the vehicle powertrain efficiency.

Nomenclature/Skróty i oznaczenia

PCM	Phase changing materials/substancje zmieniające fazę
\dot{Q}	stream of heat/strumień ciepła
γ	the Seeber-Peltier effect coefficient/współczynnik efektu Seebera-Peltiera
I	current/prąd
RTG	thermo-generator internal resistance/rezystancja wewnętrzna termogeneratora

Zbigniew Kneba, DSc., DEng. – adiunkt in the Faculty of Mechanical Engineering at Gdańsk University of Technology.

Dr inż. Zbigniew Kneba – adiunkt na Wydziale Mechanicznym Politechniki Gdańskiej.

e-mail: zkneba@sunrise.pg.gda.pl



Druga metoda to podgrzanie cieczy chłodzącej silnika lub oleju ciepłem zakumulowanym w cieczy chłodzącej podczas poprzedniej jazdy [2]. Alternatywnie można akumulować ciepło w substancjach typu PCM, które w zakresie używanych w układach chłodzenia temperatur zmieniają stan skupienia.

Trzeci sposób to bezpośrednie podgrzewanie spalinami cieczy chłodzącej w okresie rozgrzewania silnika [1].

5. Podsumowanie

Opisane wybrane rozwiązania zwiększenia mocy użytecznej silnika sprowadzają się do zwiększenia jego sprawności.

Planuje się większe wykorzystanie strumienia ciepła odprowadzanego do atmosfery jako alternatywnie do zmian konstrukcji wewnętrznej silnika.

Prace są prowadzone dwutorowo. Dla pojazdów użytkowych ważniejszy jest stan równowagi cieplnej i zamiana strumieni odprowadzanego ciepła na moc użyteczną.

Z kolei dla samochodów osobowych eksploatowanych w miastach istotne są okresy pracy podczas rozgrzewania obciążone dużymi stratami.

Skrócenie okresu rozgrzewania przez wprowadzenie programowego sterowania pracą układu chłodzenia powinno przynieść spodziewane zwiększenie sprawności napędu samochodu.

Paper reviewed

Bibliography/Literatura

- [1] Bals R., Pfeifer E., Lewe P.: Direkte Abgaswärmenutzung am Ottomotor Wärmemanagement der Kraftfahrzeuge VI, Expertverlag Essen 2008, s. 50–68.
- [2] Brzeżański M.: Emisja toksycznych składników spalin w fazie nagrzewania się silnika o zapłonie iskrowym z zastosowaniem akumulatora ciepła, monografia nr 326, seria Mechanika, Kraków 2007.
- [3] Clemens H., Collisi J., Hoetger M.: Das Amovis Abwärmekonzept: 15 Jahre praktische Erfahrung mit Mikrodampfprozessen. Wärmemanagement der Kraftfahrzeuge VI, Expertverlag 2008, s. 32–49.
- [4] Freyman R.: Der Turbosteamer: Ein System zur Kraft-Wärme-Kopplung im Automobil. MTZ 5/2008.
- [5] Kite J., Tietze T., Jansch D., Bals R.: Modellierung und Simulation in Dymola/Modelica als Basis zur Entwicklung innovativer Wärmemanagementstrategien. Wärmemanagement der Kraftfahrzeuge VI, Expertverlag 2008, s. 252–280.
- [6] Kneba Z.: New generation cooling systems for car engines, BALTEHMAŠ: Progressivnye Tehnologii, Mašiny i Mehanizmy v Mašinstroenii: sbornik naučnyh trudov Meždunarodnoj Baltijskoj Asociacii Mašinstroitelej, Kaliningrad 2006 red. L.I. Polišuk. Kaliningrad: Kaliningradskij Gosudarstvennyj Tehničeskij Universitet.
- [7] Kneba Z.: Możliwości zmniejszenia mocy potrzebnej do napędu pompy cieczy chłodzącej silnika samochodowego, Journal of KONES: Powertrain and Transport, Vol. 15, nr 3 (2008), s. 239–244.

Camless hydraulic valve timing system in combustion engines

The paper discusses the control of the operation of combustion engines through a camless electro-hydraulic valve timing system aiming at a lower exhaust emission and increased overall efficiency. The paper presents an electro-hydraulic valve system and a mathematical model of the fluid flow. The model was simulated in Matlab–Simulink for different geometrical parameters of the hydraulic system and electric control parameters in order to obtain a required valve lift and timing in the Toyota Yaris gasoline 1.3 l engine. The paper presents the Simulink model and the results of calculation in Simulink. Additionally, a comparison of engine parameters with a standard cam valve system and those of the camless hydraulic valve timing system have been shown for different engine speeds obtained from the simulation in GT-Power software. The obtained results show a significant increase of the engine torque and efficiency at higher engine speeds for the considered camless system in the Toyota Yaris gasoline engine. The paper shows both the advantages and disadvantages of the described valve system.

Key words: transport, combustion engines, valves, engine control

Bezkrzywkowy hydrauliczny system sterowania zaworów w silnikach spalinowych

Artykuł dotyczy sterowania pracą silników spalinowych za pomocą bezkrzywkowego elektrohydraulicznego zaworowego rozrządu w celu uzyskania mniejszej emisji szkodliwych składników spalin i zwiększenia sprawności ogólnej. Elektrohydrauliczny zaworowy system został opracowany przez autorów niniejszego artykułu, a model matematyczny jest przedstawiony w tej publikacji. Cały model systemu został przeniesiony do programu Matlab-Simulink, gdzie był następnie badany dla różnych parametrów geometrycznych układu hydraulicznego i różnych parametrów sterowania elektrycznego w celu otrzymania pożądanego wzniosu i czasu otwarcia zaworów dla 4-suwowego silnika ZI YARIS 1,3 l. Artykuł przedstawia model obliczeniowy w programie Simulink oraz wyniki obliczeń przeprowadzone w tym programie. Dodatkowo w publikacji przedstawiono parametry pracy silnika ze standardowym krzywkowym układem sterowania zaworami i bezkrzywkowym systemem dla różnych prędkości obrotowych otrzymane z symulacji przeprowadzonych w programie GT-Power. Wyniki badań symulacyjnych wykazują znaczący wzrost momentu obrotowego i sprawności ogólnej silnika Yaris przy bezkrzywkowym systemie sterowania zaworami. Wykazano zalety i wady rozpatrywanego systemu zaworowego.

Słowa kluczowe: transport, silniki spalinowe, zawory, sterowanie

1. Introduction

Recently the engine timing system has gone through a substantial development in internal combustion engines. The engine designers are more and more limited by exhaust emission requirements and at the same time higher engine parameters are required. The applied timing systems in four-stroke engines have many limitations. The application of camshafts, pushers, valve levers, rods, springs, poppet valves and other elements limits the actual valve lift, impacts the velocity and acceleration of the moving parts and thus the inertia forces. Valves driven by mechanical system open and close according to a cam profile, which is convex for the contact of the cam with the pusher. This fact causes that the valves can be opened only in the limit of about 240 deg CA. Longer or shorter opening of the valve is possible only by applying of special system with a variable cam profile or by using a camshaft with two or three cams for each valve. Such solutions were applied in the Toyota engines in the VVTL system or in the Honda engines, where the VTEC system was utilized. The engine works at different loads and different speeds. Therefore, the demand for air changes, particularly in spark ignition engines, where the total excess

1. Wstęp

W ostatnim czasie układ rozrządu silnika jest jednym z najbardziej rozwijanych systemów silnika spalinowego. Z jednej strony konstruktorzy silników są coraz bardziej ograniczani przez wymagania dotyczące norm emisji spalin, z drugiej zaś – zwiększają ich parametry. Systemy rozrządu stosowane do tej pory w silnikach czterosuwowych mają wiele wad. Składając się z wałka rozrządu, popychaczy, dźwigni zaworowych, sprężyn, zaworów grzybkowych oraz innych elementów ograniczających wznios zaworu, wpływają na prędkość oraz przyspieszenie ruchomych części, a zatem i na siły bezwładności. Zawory o napędzie mechanicznym otwierają i zamykają się w zależności od profilu krzywki, który zapewnia prawidłową pracę z popychaczem. Kinematyka układu krzywkowego powoduje, że zawory mogą być otwierane przez ok. 240 stopni obrotu wału korbowego. Dłuższy bądź krótszy czas otwarcia mogą zapewnić specjalne systemy zmieniające charakter wzniosu zaworu. Tego typu rozwiązania stosuje firma Toyota w swoich silnikach z systemem VVTL oraz Honda w silnikach z systemem VTEC. Silnik pracuje z różnymi obciążeniami oraz prędkościami obrotowymi i z tego względu zmienne jest

air coefficient approximates 1. The mentioned Toyota and Honda solutions are an innovative technique called variable valve timing. Modern engines are characterized by a higher overall efficiency in the whole range of engine speeds, which can be done through changing of the valve time-area. Conventional design of the cam profile leads to a lower value of this parameter. By applying electronic control it is possible to control the valve mechanical systems in order to obtain better engine parameters

2. Goal and scope

Mechanical systems give a limited interference in the range of the valve lift and its profile. Automotive research centers conduct very intense work on solutions giving a full control of the engine valve timing system. A promising solution is the electronically controlled hydraulic system. The goal of this work is to present the solution developed at Cracow University of Technology. The authors developed a hydraulic drive system of poppet valves, where the liquid flowing in the servomotors is controlled by an electronic unit. On the market there are only a few quasi hydraulic solutions for such systems. In comparison to the electromagnetic valve unit this solution has smaller dimensions, is quieter and does not require so much electrical energy. The scope of this work contained: the design of the hydraulic valve system, developing of a precise mathematical model of the physical processes occurring in the system, simulation of the work of the valve hydraulic unit in Matlab–Simulink environment [7], optimization of the geometrical parameters and as the last step, a simulation of the operation of a four-stroke engine Toyota Yaris 1.3 l in GT-Power for 3 valve timing systems in order to compare the power, fuel consumption and volumetric efficiency. Because of the limitations the paper presents a description of the new hydraulic system driven poppet valves, a description of the Simulink model with the results of the lift simulation and a comparison of the results of the engine parameters obtained from GT-Power simulation.

3. Camless valve timing systems

The course of the valve lift decides about the mass flow rate of the air or the exhaust gases and it is more important for the intake valve. The required valve lift and the course of

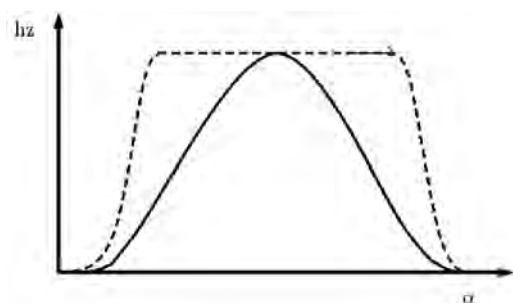


Fig. 1. Diagram of possible valve lift: continuous line – by cam, dashed line – required lift

Rys. 1. Wykres przebiegu wzniosu jako funkcja kąta obrotu wału korbowego: linia ciągła – napędzany krzywką, linia przerywana – pożądany przebieg

jego zapotrzebowanie na powietrze, zwłaszcza dla silników o zapłonie iskrowym, gdzie współczynnik nadmiaru powietrza powinien być bliski jeden. Wspomniane innowacyjne rozwiązania Toyoty oraz Hondy określane są mianem zmiennych faz rozrządu. Współczesne silniki spalinowe powinny charakteryzować się wysokim współczynnikiem sprawności w całym zakresie prędkości obrotowej, co może być możliwe dzięki zmianie czasoprzekroju zaworów. Tradycyjny kształt krzywki zapewnia małe wartości wspomnianego parametru. Przy wykorzystaniu elektronicznie regulowanego systemu rozrządu istnieje możliwość sterowania zaworami w taki sposób, by uzyskać wysokie parametry robocze i ekonomiczne pracy silnika spalinowego.

2. Cel i zakres

Mechaniczne systemy powodują ograniczenia w zmianie charakteru oraz wysokości wzniosu zaworu. Motoryzacyjne ośrodki badawcze intensywnie pracują nad systemem rozrządu zaworów dającym pełną kontrolę pracy. Jednym z obiecujących rozwiązań jest hydrauliczny system sterowany elektronicznie. Celem niniejszej pracy jest przedstawienie rozwiązań opracowanych w Politechnice Krakowskiej dotyczących hydraulicznie napędzanego systemu sterowania zaworów, w którym ciecz przepływająca przez rozdzielacz hydrauliczny regulowana jest przez sterownik. Na rynku istnieje tylko kilka pseudorozwiązań hydraulicznych tego typu. W porównaniu z systemem napędzania zaworów realizowanym przez elektromagnesy takie rozwiązanie cechuje się mniejszymi wymiarami, cichszą pracą oraz nie wymaga dużej energii elektrycznej. Zakres prac podjętych w Politechnice Krakowskiej obejmował: zaprojektowanie zaworu hydraulicznego, opracowanie dokładnego modelu matematycznego procesów fizycznych zachodzących w systemie, symulację pracy hydraulicznego zaworu w Matlab–Simulink [7], optymalizację geometrycznych wymiarów części składowych systemu oraz w ostatniej kolejności symulację pracy czterosuwowego silnika Toyota Yaris 1.3 l w programie GT-Power dla trzech układów rozrządu w celu porównania uzyskanej mocy, jednostkowego zużycia paliwa oraz objętościowego współczynnika napelnienia cylindra. Z uwagi na ograniczoną objętość artykułu przedstawiono tylko opis nowego hydraulicznego systemu sterowania zaworami, opis modelu Simulink z rezultatami symulacji oraz wyniki porównania parametrów różnych rozwiązań uzyskanych podczas symulacji w programie GT-Power.

3. Bezkrzywkowy system sterowania zaworów

Przebieg skoku zaworu decyduje o natężeniu przepływu powietrza lub spalin. Pożądany wznios zaworu oraz wznios uzyskany za pomocą typowej krzywki pokazano na rys.1. Bezkrzywkowy system ruchu zaworów umożliwia osiągnięcie większych wartości czasoprzekroju otwarcia zaworu (przerwana linia) i jest bardziej odpowiedni dla nowoczesnych silników spalinowych.

Jednym z pierwszych bezkrzywkowych układów rozrządu była propozycja oparta na elektromagnesach. To bardzo proste rozwiązanie zostało opracowane przez ośrodek badawczy firmy FEV. Nosi ono nazwę Electro-Mechanical

the valve lift driven by a typical cam has been shown in Fig. 1. Camless valve systems enable an obtainment of higher values of the time-area (dashed line) and are more suitable for modern combustion engines.

One of the first camless solutions was the electromagnetic valve system. A very simple solution is the design developed by FEV an engine research company. The system is referred to as Electro-Mechanical Valve (EMV) [4] that enables an obtainment of a wide range of control of the engine timing system. Electromagnetic system consists of two electromagnets, a core joined with the valve stem and two springs. Three different alternatives of the drive operation of the EMV have been shown in Fig. 2: without feed, open valve and closed valve. The opening time of the valve 3 ms, which corresponds to the engine speed of 6000 rpm. The main problem of such a solution is the heating of the coils, work noise and high electrical energy consumption (higher voltage).

A hydraulic valve system utilizes high pressure of the working medium. Some aspects of the operation of a hydraulically actuated valve train were presented by Zbierski and Smoczyński [11]. The valve is connected to the piston rod in the servomotor, which contains pressurized liquid. The working medium that can be a lubricant is transmitted from a pressure accumulator through a distributor directing the liquid to a required side of the piston. The principle of operation of the hydraulic valve drive has been shown in Fig. 3. These systems work under pressure from 8 to 50 MPa and hence they do not need large dimensions of the piston rod and it is possible have a very short valve opening time of about 2 ms. The work of such a system is more silent and the system provides better reliability, however the hydraulic valve system is much more complex and louder than the conventional cam valve system.

The flow of liquid is controlled by the slider in chamber fed by the high pressure of the pump. The liquid is moved to the piston rod side and acts on its bottom or topside depending on the position of the slider. Pneumatic system of the valve drive works analogically as the hydraulic one. Its work is based on low pressure of the gas (most frequently

Valve (EMV) [4] i pozwala uzyskać szeroki zakres sterowania układu rozrządu silnika spalinowego. Rozwiązanie składa się z dwóch elektromagnesów, rdzenia, zaworu oraz dwóch sprężyn. Możliwe są trzy tryby pracy tego urządzenia pokazane na rys. 2: z wyłączonym zasilaniem, otwarcie zaworu, zamknięcie zaworu. Czas otwarcia zaworu wynosi 3 ms, co umożliwia uzyskanie prędkości obrotowej równej 6000 obr/min przez silnik spalinowy. Głównym problemem tego typu rozwiązania jest nadmierne grzanie się cewek elektromagnesu oraz duże zapotrzebowanie na energię elektryczną (wysokie napięcie).

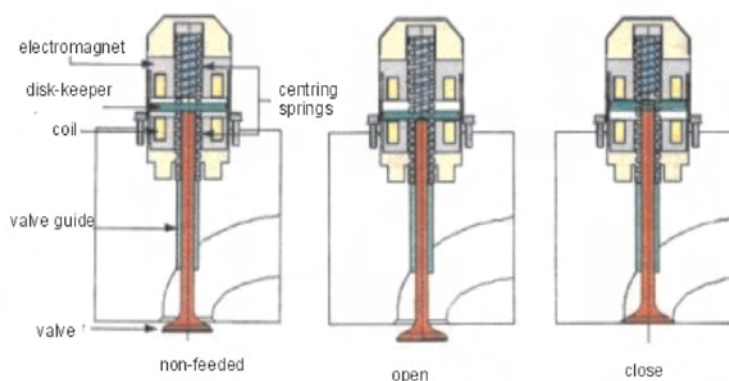


Fig. 2. Valve cases realized by the EMV system [4]

Rys. 2. Warianty trybów pracy systemu EMV [4]

Hydraulicznie napędzany system rozrządu wykorzystuje duże ciśnienie czynnika roboczego. Niektóre aspekty hydraulicznego napędu rozrządu zostały przedstawione przez Zbierskiego i Smoczyńskiego [11]. Zawór grzybkowy połączony jest z tłoczyskiem siłownika, na które działa ciecz pod ciśnieniem. Czynnikiem roboczym, jakim może być olej silnikowy, przekazywany jest ze zbiornika ciśnienia przez rozdzielacz hydrauliczny do odpowiedniej komory siłownika. Zasadę działania napędu hydraulicznego zaworów pokazano na rys.3. Ten system działa dla ciśnień z zakresu od 8 do 50 MPa i dlatego można zastosować tłok o niewielkich wymiarach. Dzięki temu rozwiązaniu możliwe jest osiągnięcie czasu otwarcia równego 2 ms. Praca tego systemu jest cichsza i bardziej niezawodna od rozwiązań opartych na elektromagnesach, jednak cechuje go większy stopień skomplikowania i głośniejsza praca niż w konwencjonalnym układzie rozrządu napędzanym przez krzywkę.

Przepływ cieczy kontrolowany jest przez suwak rozdzielacza, który kieruje ciśnieniem wytworzone przez pompę do odpowiedniej komory siłownika. Różnica ciśnień pomiędzy komorami wywołana przez ciecz porusza tłoczysko w górę lub w dół, w zależności od ustawienia suwaka. Pneumatyczny system napędu zaworów jest analogiczny do hydraulicznego. Występują w nim zazwyczaj mniejsze ciśnienia gazu (najczęściej powietrza), co powoduje konieczność stosowania dużych średnic tłoczyska. Schemat układu pneumatycznego opracowany w pracy magisterskiej Bradena [2] (rys. 4). System tego typu nie musi spełniać

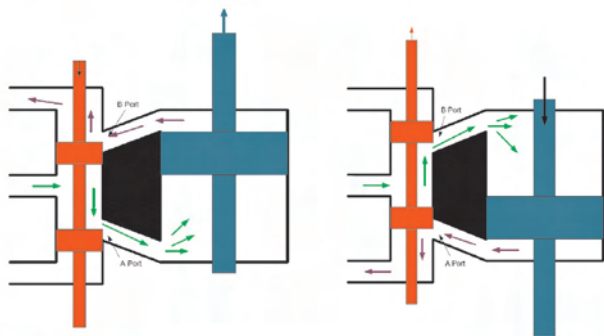


Fig. 3. Principle of operation of a hydraulic valve drive

Rys. 3. Zasada działania napędu hydraulicznego zaworów

air), which forces the application of a bigger diameter of the piston rod. The diagram of the pneumatic valve system with the control unit described by Braden [2] in his master's thesis has been in Fig. 4. The unit does not require a high airtight seal and any possible leakage is not hazardous for environment.

4. Solution of hydraulic valve system

A mathematical model of the hydraulic valve system was developed that took into account the inertia forces, friction forces and hydrodynamic forces. The control of the motion of the piston rod takes place by moving of the distributor slider, which is caused by the electromagnets. Additional mathematical models are related to the liquid flow in the slider distributor and the flow between the distributor and servomotor. The diagram of the elaborated hydraulic valve system has been shown in Fig. 5 with the specified parts.

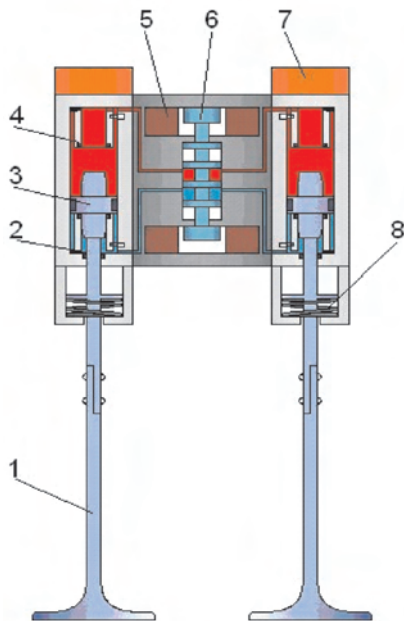


Fig. 5. The diagram of the unit consisting of a distributor, servomotor and position sensors: 1 – engine valve, 2 – chamber A, 3 – piston rod, 4 – chamber B, 5 – electromagnet, 6 – distributor slider, 7 – position sensor, 8 – protective spring

Rys. 5. Schemat zespołu rozdzielacza, silowniki oraz czujniki położenia: 1 – zawór silnikowy, 2 – komora B, 3 – tłoczyko, 4 – komora A, 5 – elektromagnes, 6 – suwak rozdzielacza, 7 – czujnik położenia, 8 – sprężyna zabezpieczająca

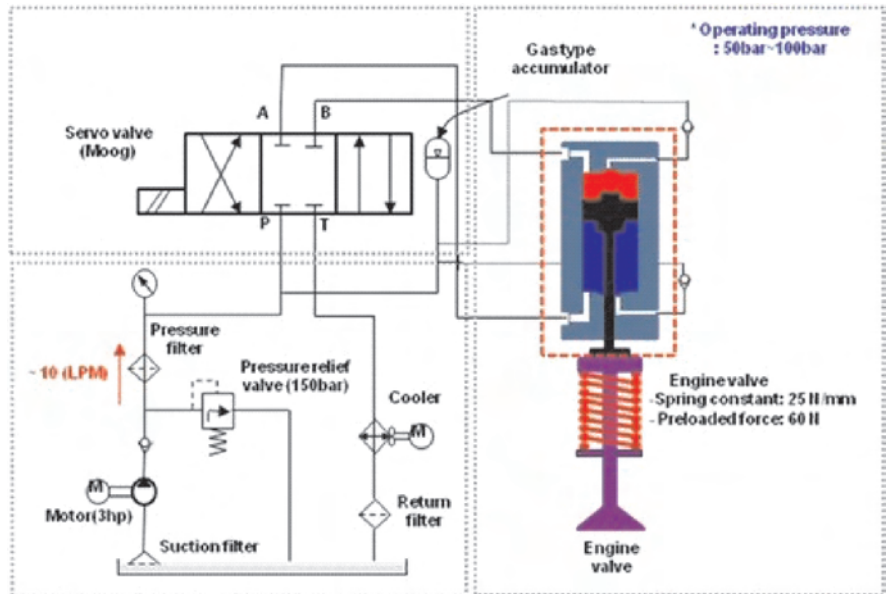


Fig. 4. Diagram of pneumatic system of valve drive [2]

Rys. 4. Schemat pneumatycznego napędu zaworów [2]

warunku hermetycznej szczelności, a ewentualne wycieki nie szkodzą środowisku.

4. Rozwiązanie hydraulicznego układu zaworów

Opracowany matematyczny model hydraulicznego systemu sterowania zaworów uwzględnia siły bezwładności, siły tarcia i siły hydrodynamiczne. Kontrola ruchu tłoczyka odbywa się przez ruch suwaka rozdzielacza, wywołany elektromagnesami. Schemat opracowanego hydraulicznego

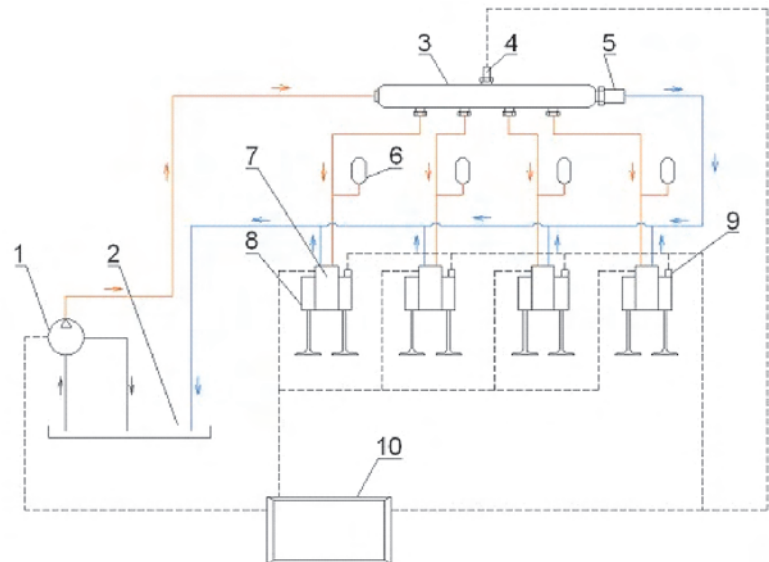


Fig. 6. Diagram of the engine timing system with the hydraulic drive: 1 – oil pump, 2 – oil bath, 3 – pressure accumulator, 4 – pressure gauge, 5 – safety-valve, 6 – individual pressure accumulator, 7 – slider controlled by an electromagnet, 8 – servomotor, 9 – piston-rod position sensor, 10 – ECU

Rys. 6. Schemat układu rozrządu silnika spalinyowego o napędzie hydraulicznym: 1 – pompa olejowa, 2 – zbiornik oleju, 3 – zasobnik ciśnienia, 4 – czujnik ciśnienia, 5 – zawór bezpieczeństwa, 6 – indywidualny akumulator ciśnienia, 7 – rozdzielacz suwakowy, 8 – silownik, 9 – czujnik położenia tłoczyka, 10 – ECU

signed for the majority of modern engines. The kinematic and dynamic analyses require knowledge of the dimensions of the unit and mass of all the moving parts. The precise mathematical model of the hydraulic system will be the subject of the other publication.

The diagram of the timing system driven by hydraulic unit for a four cylinder engine has been shown in Fig. 6. The system is fitted with two pressure accumulators: the main one and an additional one for each valve unit.

5. Simulation model of valve control

Digitizing of the mathematical model of the developed hydraulic valve drive was carried out in Matlab/Simulink software [7]. Modeling and computing of the hydraulic systems was based on the operation of Dindorf [3] and Wolkow [11]. The computer model was created on the basis of the mathematical model taking into account all possible liquid flows and forces in a short time of the system operation. The computer modeling had some simplifications concerning the limitation of the number of the simulated elements. The computer models that simulated the valve motion under the influence of the pressure exerted on the piston rod of the servomotor, have a modular character of the structure. The model in Simulink shown in Fig. 7 is based on the mathematical equations describing physical phenomena and is divided into the following modules:

- a) distributor – mechanical part,
- b) distributor – flow part,
- c) servomotor – mechanical part
- d) servomotor – flow part,
- e) additional modules.

Each module has a flow control or the control of the mechanical parameters and is a separate Simulink part. All modules solve differential equations of the system of motion of the mechanical part and include the elements of the flow parameters of the liquid.

For example, the flow part of the distributor and the mass flow rate are determined in the channels of the servomotors

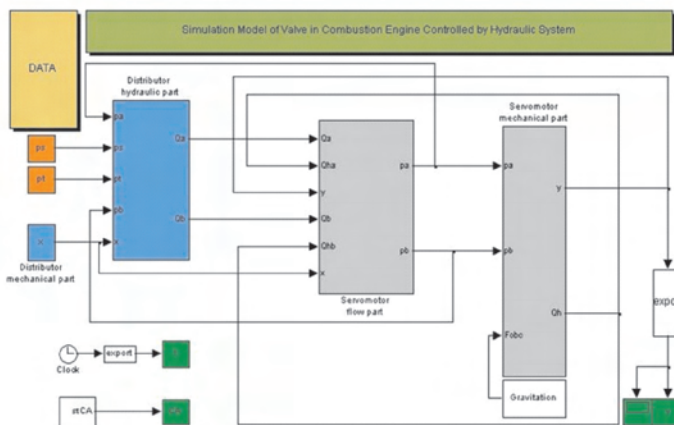


Fig. 7. The Diagram of the computation model of the electro-hydraulic valve drive in Matlab–Simulink program

Rys. 7. Schemat modelu matematycznego elektrohydraulicznego napędu zaworów wykonanego w programie Matlab–Simulink

układu rozrządu pokazano na rys. 5 z uwzględnieniem części składowych.

Rozwiązanie przedstawione na rys. 5 zakłada sterowanie dwoma zaworami (dolotowymi lub wylotowymi). Analiza kinematyczna i dynamiczna wymaga przedstawienia wymiarów i mas wszystkich ruchomych części urządzenia. Dokładny model matematyczny będzie przedmiotem innych publikacji.

Schemat całego układu hydraulicznego systemu napędu zaworów dla czterocyndrowego silnika spalinowego przedstawiono na rys. 6. System ma dwa akumulatory ciśnienia: główny oraz dodatkowy dla każdego układu zaworów.

5. Model symulacyjny sterowania zaworami

Obliczenia numeryczne modelu matematycznego opracowanego napędu hydraulicznego zaworów przeprowadzono w programie Matlab–Simulink [7]. Model matematyczny opiera się na pracach Dindorfa [3] i Wołkowa [11]. Symulacja komputerowa bazująca na modelu matematycznym uwzględnia wszystkie możliwe przepływy cieczy oraz siły działające na układ. Posiada ona pewne uproszczenia wpływające na zmniejszenie potrzebnej mocy obliczeniowej komputera. Model komputerowy, który symuluje pracę siłownika hydraulicznego sterowanego rozdzielaczem ma charakter modułowy. Model w Simulinku pokazany na rys. 7 jest podzielony na następujące moduły:

- a) rozdzielacz – część mechaniczna,
- b) rozdzielacz – część przepływowa,
- c) siłownik – część mechaniczna,
- d) siłownik – część przepływowa,
- e) pozostałe moduły.

Każdy moduł składa się z parametrów określających przepływ cieczy lub ruch elementów wykonawczych i jest oddzielną częścią w programie Simulink. Moduły rozwiązują równania różniczkowe związane z ruchem mechanicznych części wywołanym przez przepływającą ciecz. Na przykład w części przepływowej rozdzielacza wyznaczane są natężenia przepływów przez kanały rozdzielacza z sygnałów wejściowych, którymi są: przemieszczenie suwaka, ciśnienie zasilania, ciśnienie w zbiorniku, ciśnienie panujące w komorze A, ciśnienie panujące w komorze B. Sygnałami wyjściowymi są: natężenie przepływu w kanale komory A siłownika, natężenie przepływu w kanale komory B siłownika.

Podczas symulacji wyznacza się wiele charakterystyk, na przykład: wznios zaworu, prędkość i przyspieszenie tłoczyska, siły bezwładności jako funkcja mas ruchomych części w zależności od czasu. Ruch zaworu zależy od przemieszczenia suwaka rozdzielacza. Na rysunku 8 przedstawiono ruch suwaka w funkcji czasu w zależności od czasu przesterowania rozdzielacza tr.

Przy mniejszych czasach przesterowania ruch suwaka jest krótszy dla tego samego ciśnienia równego 15 MPa. Ten parametr może być wykorzystany do sterowania czasoprzekroju zaworu. Jednym z przykładów przeprowadzonych badań było określenie zależności wzniosu zaworu w

and input signals are as follows: slider movement, feeding pressure, operating pressure, chamber pressure and pressure in chambers A and B. The output signals are as follows: mass flow rate in the channel of chambers A and B of the servomotor.

The output signals are: mass flow rate in the channel of chambers A and B of the servomotor. During the simulation several characteristics were determined such as: valve lift, velocity and acceleration, inertia forces as a function of mass of parts taking part in the motion as well as time. The valve motion depends on the slider movement. Figure 8 presents the course of the slider movement in time at different re-adjusting time t_r .

At lower re-adjusting time, the slider movement is shorter at the same feeding pressure of 15 MPa. This parameter can be useful for the control of the valve time-area value. One example of the calculation is a determination of the valve lift as a time function at dif-

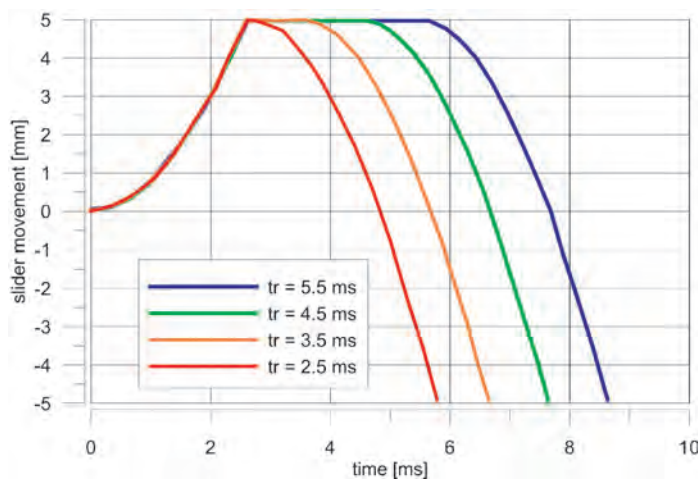


Fig. 8. The course of the slider movement at different re-adjusting time t_r (2.5–5.5 ms) and liquid pressure 15 MPa

Rys. 8. Przebieg ruchu suwaka rozdzielacza w zależności od różnych czasów przesterowania t_r (2,5–5,5 ms) i przy ciśnieniu cieczy 15 MPa

ferent liquid pressures as has been shown in Fig. 9. Higher pressure enables to obtain shorter time of the valve opening. The constant values are piston diameter 10 mm and the re-adjusting time amounting to 3.5 ms. The change of pressure of the working fluid besides the re-adjusting time is the main control parameter of the valve motion.

6. Simulation of engine parameters

Determination of the lift parameters in the Simulink software for the assumed geometry of the hydraulic valve drive enables a simulation of the work of the designed solution in a computer model of a selected internal combustion engine. The GT-Power software was used for this purpose. It is commonly used in the automotive sector. In the software the main work parameters such as power, torque, specific fuel consumption and volumetric ratio were compared for

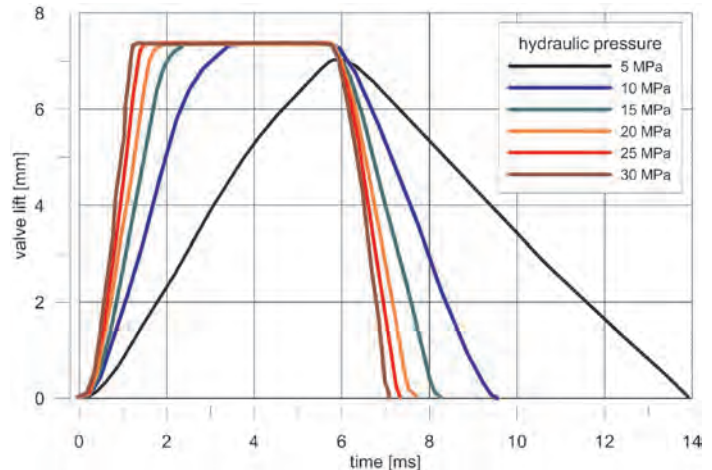


Fig. 9. The variation of the valve lift in time at different hydraulic pressures

Rys. 9. Zmiana skoku zaworów w czasie przy różnych ciśnieniach cieczy

funkcji czasu przy różnych ciśnieniach czynnika roboczego (rys. 9). Większe wartości ciśnienia powodują skrócenie czasu otwarcia zaworu. Parametrami stałymi w tych obliczeniach była średnica tłoczyska wynosząca 10 mm oraz czas przesterowania osiągający wartość 3,5 ms. Zmiany ciśnienia czynnika roboczego, oprócz czasu przesterowania rozdzielacza, są głównym parametrem sterowania ruchem zaworu.

6. Symulacja parametrów pracy silnika

Określenie parametrów wzniosu zaworu w programie Simulink dla określonych wymiarów geometrycznych zaworu hydraulicznego umożliwia symulację pracy zaprojektowanego rozwiązania w komputerowym modelu wybranego silnika spalinowego. W tym celu wykorzystany został program GT-Power, który jest powszechnie stosowany w branży motoryzacyjnej. Zostały w nim określone główne parametry pracy silnika, takie jak moc, moment obrotowy, jednostkowe zużycie paliwa oraz objętościowy współczynnik napełniania cylindra dla trzech wybranych układów rozrządu.

Program umożliwia stworzenie modułowej struktury elementów przepływowych silnika. Obiektem symulacji został czterosuwowy silnik pochodzący z Toyoty Yaris. Główne parametry techniczne tego silnika przedstawiono w tab. 1. Schemat obliczeniowego modelu silnika stworzonego w programie GT-Power przedstawiono na rys. 10, gdzie inlet i outflow z odpowiednimi numerami oznaczają zawory

Table 1. The technical data of the tested engine

Tabela 1. Parametry techniczne testowanego silnika

Cylinder number/liczba cylindrów	4
Fueling system/system paliwowy	MPI
Bore/Stroke/średnica cylindra/skok tłoka	75/73.5 mm
Compression ratio/stożenie sprężania	10.3
Valve number per cylinder/liczba zaworów przypadająca na cylinder	4
Intake valve diameter/średnica zaworu dolotowego	23 mm
Exhaust valve diameter/średnica zaworu wylotowego	20 mm

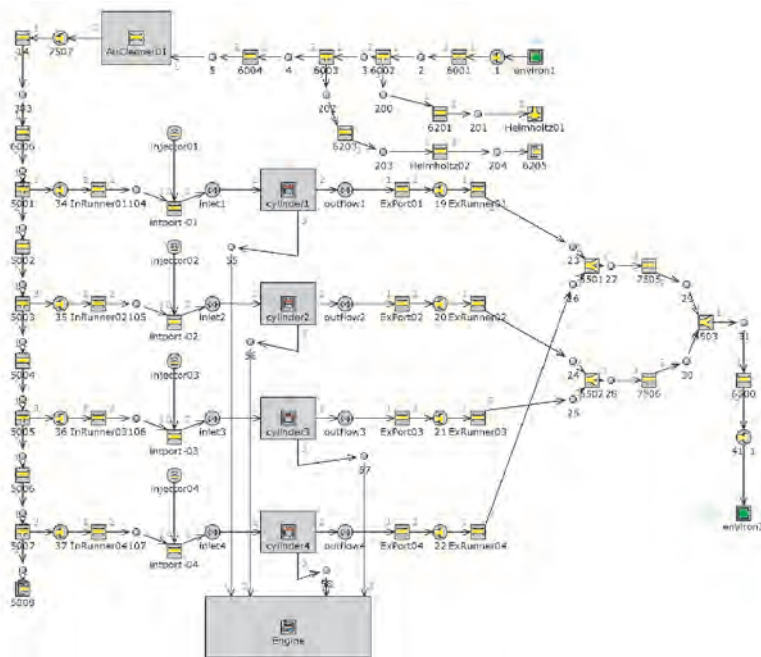


Fig. 10. The diagram of the computation model of a gasoline 4-stroke engine Yaris 1.3 l in the GT-Power software

Rys. 10. Schemat modelu obliczeniowego silnika Yaris 1,3 l, 4-suwowego ZI w programie GT-Power

three selected timing systems. The software enables a creation of a module structure of all the engine flow units. The four-stroke gasoline engine Toyota Yaris was the simulation object. The main technical data have been given in Table 1. The diagram of the calculation model of the engine in GT-Power has been presented in Fig. 10, where the intake and exhaust (numbered) indicate intake and exhaust valves. The valve lifts for the three cases were entered as data into the software in the form of tables. For the hydraulic valve system they were obtained from the simulation in Simulink.

The valve control by the hydraulic system can reach an assumed lift in an assumed time. A trapezoid course of the valve lift for this case with the hydraulic pressure 20 MPa was assumed in this case. For all the cases the same crankshaft angle rotation of the poppet valve opening was assumed. An increase in the engine speed course of the valve lift yields a change of course of valve lift.

It was assumed that the gasoline mixture in the engine is homogenous with the excess air coefficient equal to 1 (stoichiometric mixture). On the basis of the computational model the courses of the pressure, temperature in the whole engine system and the main engine operating parameters were determined.

7. Calculation results

The preliminary computer analysis shows a possibility of applying of a hydraulic valve drive system to obtain a significant improvement of the engine parameters particularly at higher engine speeds. Through increasing of the flow area at the intake valve seat during

dolotowe i wylotowe. Wzniosy zaworów dla wszystkich trzech przypadków zostały wprowadzone do programu w formie tablic. Dla hydraulicznego systemu zaworów otrzymano je z symulacji w programie Simulink.

Zawór kontrolowany przez hydrauliczny system może osiągnąć określony wznios w określonym czasie. Trapezowa charakterystyka ruchu zaworu została osiągnięta przy założeniu ciśnienia hydraulicznego równego 20 MPa. We wszystkich przypadkach przyjęto ten sam kąt otwarcia zaworów. Zwiększenie prędkości obrotowej powoduje zmianę charakterystyki wzniosu zaworu.

Symulacja dla trzech przypadków była prowadzona dla współczynnika nadmiaru powietrza równego jeden (stechiometryczna mieszanka). Na podstawie modelu komputerowego określono ciśnienia i temperatury w silniku oraz jego główne parametry.

7. Wyniki obliczeń

Wstępna analiza wyników symulacji komputerowej wskazuje na wzrost głównych parametrów pracy silnika spalinowego, szczególnie przy większych prędkościach obrotowych z wykorzystaniem hydraulicznie napędzanego systemu rozrządu. Przez zwiększenie czasu otwarcia zaworu, większa ilość mieszanki może wpłynąć do cylindra. Objęściowy współczynnik napełnienia cylindra jest większy niż w konwencjonalnym układzie rozrządu. Obliczenia przeprowadzone były przy maksymalnie otwartej przepustnicy, w zakresie prędkości obrotowych od 1000 do 7000 obr/min. Przy większych prędkościach obrotowych moc silnika jest również większa w porównaniu z układem rozrządu napędzanym krzywką. Na rysunku 11 pokazano

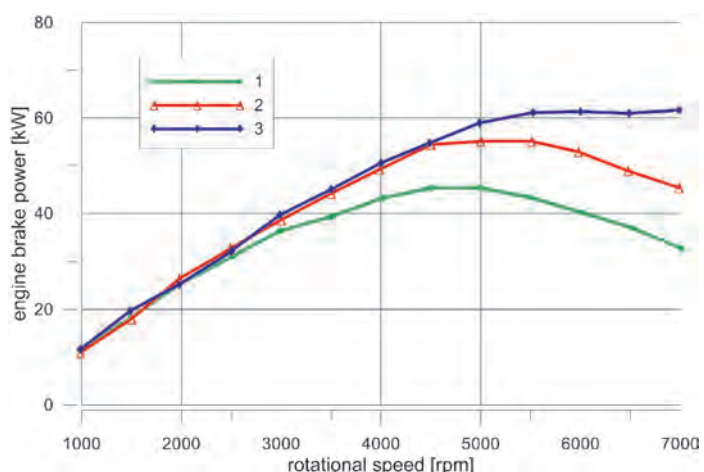


Fig. 11. The calculated engine power for different types of valve drive systems: 1 – valve driven by a camshaft, 2 – intake valves with a hydraulic drive, 3 – intake and exhaust valves driven by a hydraulic system

Rys. 11. Obliczona moc silnika dla różnych układów rozrządu: 1 – zawory napędzane krzywką, 2 – zawory dolotowe napędzane hydraulicznie, 3 – zawory dolotowe i wylotowe napędzane hydraulicznie

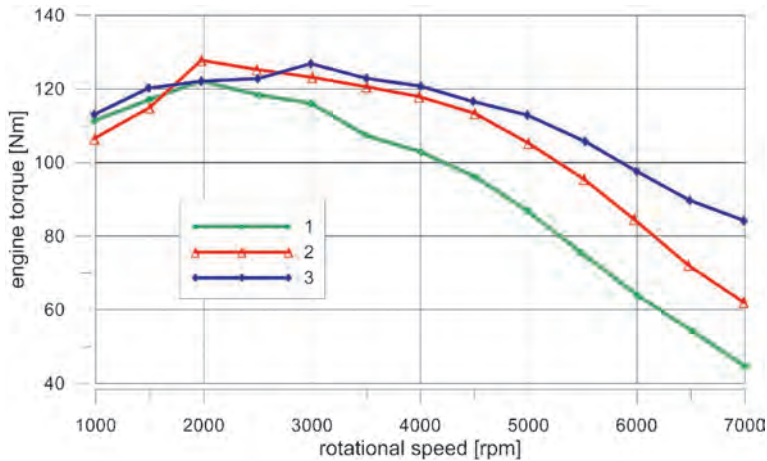


Fig. 12. The calculated engine torque for different types of valve drive systems: 1 – valve driven by a camshaft, 2 – intake valves with a hydraulic drive, 3 – intake and exhaust valves driven by a hydraulic system

Rys. 12. Obliczony moment silnika dla różnych układów rozrządu: 1 – zawory napędzane krzywką, 2 – zawory dolotowe napędzane hydraulicznie, 3 – zawory dolotowe i wylotowe napędzane hydraulicznie

the whole time of its opening a much more air fuel mixture can be delivered to the cylinder. Then the volumetric ratio coefficient could be higher than for the engine with a conventional camshaft. The calculations were carried out for a full throttle at the engine speed in the range from 1000 to 7000 rpm. The engine power increases significantly at higher engine speeds in comparison with the power of the engine equipped with valves driven by cams. Figure 11 shows the courses of the effective power for the three cases. The highest increment of power takes place for the engine with both valves controlled by a hydraulic system. At lower engine speeds the increment of power is very small. The variation of torque is close to the torques of compression ignition engines when the hydraulic drive is applied for both valves. In this case we gain a flat torque characteristics as has been shown in Fig. 12.

Higher engine power of gasoline engines can be obtained through a higher amount of the air or air fuel mixture in the cylinder after the intake valve closes. The engine with valves controlled by a hydraulic system yields higher volumetric efficiency than the standard engine with valves driven by a camshaft (Fig. 13). For the three cases the volumetric efficiency is the highest at lower engine speeds and decreases with the increase of the engine speed.

Because of its high power the engine with a hydraulic valve system consumes much more fuel, which is seen in Fig. 14 that presented the hourly fuel consumption for the three cases. At higher engine speeds this fuel consumption does not increase rapidly but stabilizes on a given level. However, for standard version the engine consumes almost four kilograms of fuel per hour, which is less than the engine of the valve system in version 3.

przebiegi mocy efektywnej dla wszystkich trzech przypadków. Największy wzrost mocy osiągany jest dla przypadku, gdy zarówno zawory dolotowe, jak i wylotowe są kontrolowane przez hydrauliczny system. Dla małych prędkości obrotowych wzrost mocy jest niewielki. Charakterystyka momentu obrotowego przypomina charakterystykę silnika o zapłonie samoczynnym dla przypadku, gdy zarówno zawory dolotowe, jak i wylotowe są sterowane hydraulicznie. Wtedy otrzymuje się płaską charakterystykę momentu obrotowego, pokazaną na rys. 12.

Większą moc silnika ZI można uzyskać dzięki zwiększeniu ilości powietrza lub mieszanki paliwowo-powietrznej. Silnik z zaworami sterowanymi hydraulicznie uzyskuje większy współczynnik objętościowego napełnienia cylindra niż ten sam silnik z zaworami sterowanymi przez krzywki (rys. 13). Dla wszystkich trzech przypadków współczynnik ten jest największy przy małych prędkościach obrotowych, a spada przy wysokich prędkościach obrotowych.

W wyniku uzyskania większej mocy silnik z hydraulicznym systemem napędu zaworów wykazuje również większe zapotrzebowanie paliwa, co pokazano na rys. 14 obrazującym godzinowe zużycie paliwa dla trzech przypadków. Przy większych prędkościach obrotowych to zużycie paliwa nie wzrasta tak gwałtownie, raczej ustala się na tym samym poziomie. Jednakże przy pełnym otwarciu przepustnicy silnik ze standardowym układem zaworów zużywa prawie 4 kg paliwa na godzinę mniej niż silnik z hydraulicznym systemem napędu zaworów.

Przy tym samym współczynniku nadmiaru powietrza dla wszystkich analizowanych przypadków jednostkowe zużycie paliwa przy małych i średnich prędkościach obro-

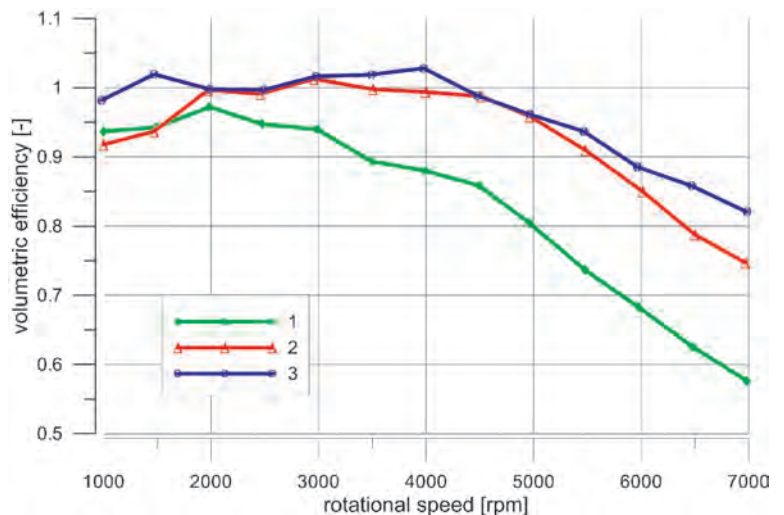


Fig. 13. The calculated volumetric efficiency for different types of valve drive systems: 1 – valve driven by a camshaft, 2 – intake valves with a hydraulic drive, 3 – intake and exhaust valves driven by a hydraulic system

Rys. 13. Obliczony współczynnik objętościowego napełnienia cylindra dla różnych układów rozrządu: 1 – zawory napędzane krzywką, 2 – zawory dolotowe napędzane hydraulicznie, 3 – zawory dolotowe i wylotowe napędzane hydraulicznie

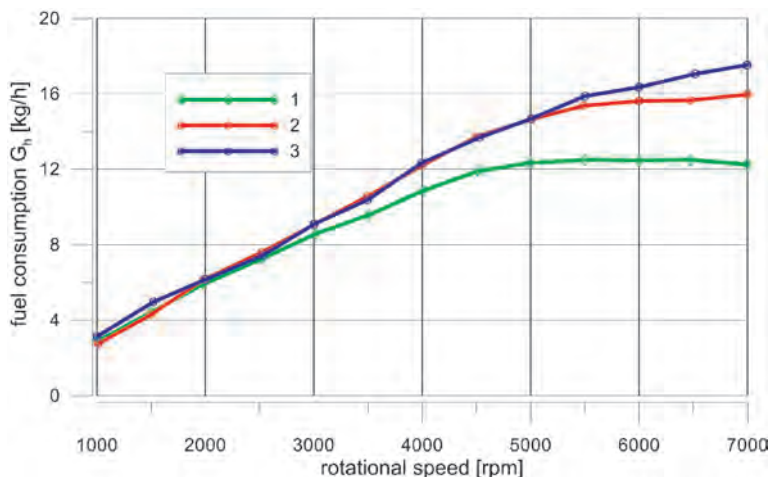


Fig. 14. The calculated hourly mass fuel consumption for different types of valve drive systems: 1 – valve driven by a camshaft, 2 – intake valves with a hydraulic drive, 3 – intake and exhaust valves driven by a hydraulic system

Rys. 14. Obliczone godzinowe zużycie paliwa dla różnych układów rozrządu:
 1 – zawory napędzane krzywką, 2 – zawory dolotowe napędzane hydraulicznie,
 3 – zawory dolotowe i wylotowe napędzane hydraulicznie

For the same air-fuel ratio in the analyzed cases, the course of the specific fuel consumption is on the same level at low and mid range of the engine speed, however, at higher engine speeds the engine with a hydraulic valve system has a lower specific fuel consumption as presented in Fig. 15.

High engine power is also connected with a higher maximum pressure and temperature during the combustion process. The Change of the valve time-area by applying a hydraulically actuated valve train influences the unstable gas flow in the intake and exhaust ducts, which causes a change of the pressure waves in comparison with a conventional valve timing system. The results of the calculations show a great superiority of the hydraulic valve timing system at higher engine speeds.

8. Conclusions

The paper presents authors' own concept of a timing system driven by a hydraulic unit, a preliminary computer model for the simulation of the behavior under different operating conditions and to a limited extent comparison of the main operating parameters of the engine with three types of timing system. The preliminary design analysis and results of the computer simulation leads to the following conclusions:

1. Spark ignition combustion engines with a camless unit drive show better work parameters than the engines with conventional cam system.
2. Better characteristics of the valve lift in a function of time results in a higher valve time-area and a higher volumetric efficiency.
3. Hydraulic valve drive system enables the control of the valve lift and decreases valve acceleration in comparison to the cam system.

owych pozostaje na tym samym poziomie. Przy większych prędkościach obrotowych odnotowuje się zmniejszenie tego parametru dla hydraulicznego systemu sterowania zaworów, co pokazano na rys. 15.

Większa moc silnika wiąże się z większym maksymalnym ciśnieniem i temperaturą wewnątrz cylindra. Zmiana czasoprzekroju zaworu przy zastosowaniu hydraulicznego napędu ma wpływ na nieustalony przepływ gazu w kanałach dolotowych i wylotowych, który powoduje zmianę przebiegu fal ciśnienia w porównaniu z konwencjonalnym układem rozrządu. Wyniki obliczeń pokazują dużą przewagę hydraulicznego układu rozrządu przy wyższych prędkościach obrotowych.

8. Wnioski

W artykule przedstawiono koncepcję układu rozrządu silnika spalinowego napędzanego hydraulicznie, wstępny model komputerowy symulujący działanie urządzenia przy różnych

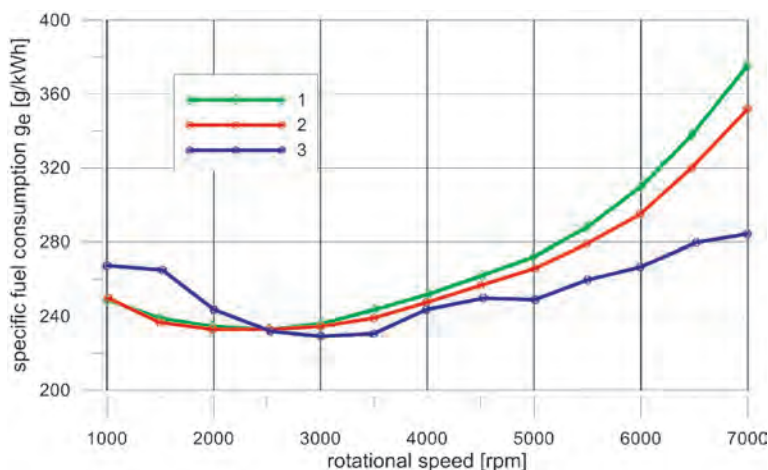


Fig. 15. The calculated specific fuel consumption for different types of valve drive systems: 1 – valve driven by a camshaft, 2 – intake valves with a hydraulic drive, 3 – intake and exhaust valves driven by a hydraulic system

Rys. 15. Obliczone jednostkowe zużycie paliwa dla różnych układów rozrządu:
 1 – zawory napędzane krzywką, 2 – zawory dolotowe napędzane hydraulicznie,
 3 – zawory dolotowe i wylotowe napędzane hydraulicznie

parametrach pracy oraz częściowo porównano główne parametry pracy silnika spalinowego z trzema układami rozrządu. Wstępna analiza projektu i rezultatów symulacji prowadzą do następujących wniosków:

1. Silnik spalinowy o zapłonie iskrowym z bezkrzywkowym układem rozrządu wykazuje lepsze parametry niż silnik z konwencjonalnym układem rozrządu.
2. Bardziej optymalna charakterystyka wzniosu zaworu wpływa na wzrost czasoprzekroju zaworu oraz na większy współczynnik objętościowego napełnienia cylindra.
3. Hydrauliczny układ napędu zaworów pozwala kształtować charakterystykę wzniosu zaworu oraz zmniejszyć przyspieszenia zaworu w porównaniu do układu krzywkowego.

4. Feeding pressure of the liquid in the system and re-adjusting time have the most significant influence on the course of the valve lift.
 5. A valve timing system with a hydraulic drive is more complex and more expensive than the conventional system, however, is encouraging for further experimental work and theoretical analysis.
 6. Valve forced deceleration is required when it is about to settle in the valve seat, because high liquid pressure results in a substantial impact of one part on the other.
4. Ciśnienie robocze czynnika w układzie oraz czas przesterowania rozdzielacza najbardziej wpływają na wznios zaworu w przedstawionym systemie hydraulicznego napędu zaworów.
 5. System hydraulicznie napędzanego rozrządu jest bardziej skomplikowany oraz bardziej kosztowny od konwencjonalnego układu rozrządu, jednak wyniki badań zachęcają do dalszych teoretycznych analiz oraz prac eksperymentalnych.
 6. Wymagane jest hamowanie zaworu podczas osiadania w gnieździe, ponieważ duże ciśnienie cieczy roboczej powoduje gwałtowne zderzenie się tych dwóch części.

This work has partially been carried out within the Master's Thesis of G. Bac under the promoter of W. Mitianiec in Cracow University of Technology.

Prace były częściowo przeprowadzone na Politechnice Krakowskiej w ramach pracy magisterskiej G. Baca, której promotorem był W. Mitianiec.

Paper reviewed

Nomenclature/Skróty i oznaczenia

VTEC	variable timing electronic control/ <i>elektronicznie sterowany zmienny rozrząd</i>	EMV	Electro-Mechanical Valve/ <i>zawór elektromechaniczny</i>
VVTL	variable valve timing and lift/ <i>zmiennie fazy rozrządu i wzniosu zaworu</i>	SI	Spark Ignition/ <i>zapłon iskrowy</i>
		CA	Crank Angle/ <i>kąt obrotu wału korbowego</i>

Bibliography/Literatura

- [1] Ahrendt W., Savant C.: Serwomechanizmy w ujęciu praktycznym. WNT, Warszawa 1964.
- [2] Braden J.S.: Development of a Piezoelectric Controlled Hydraulic Actuator for a Camless Engine. Master Thesis, University of South Carolina, 2001.
- [3] Dindorf R.: Wybrane zagadnienia modelowania dynamiki układów hydraulicznych. Wydawnictwo Politechniki Krakowskiej, Kraków 1995.
- [4] Hoyer U., Rahnavardi P.: Untersuchung mit Ventilen aus Leichtbau-Werkstoffen. Motortechnische Zeitschrift, Nr.9, 1999.
- [5] Hyeong-Joon A., Sang-Yong K., Jee-Uk C., Dong-Chul H.: A New EMV System using a PM/EM Hybrid Actuator. Proceedings of the 2005 IEEE/ASME International Conference on Advanced Intelligent Mechatronics. Monterey, California, USA, 24-28 July, 2005.
- [6] Jelali M., Kroll A.: Hydraulic servo-systems: modelling, identification and control. Springer-Verlag, London 2003.
- [7] Mrozek B., Mrozek Z.: Matlab 5.x, Simulink 2.x: poradnik użytkownika. WPLJ, Warszawa 1998.
- [8] Osborn R., Stokes J., Ceccarini D.: The 2/4SIGHT Project - Development of a Multi-Cylinder. JSAE Annual Congress, No. 384-20085400, Yokohama 2008.
- [9] Pizoń A.: Projektowanie hydraulicznych i elektrohydraulicznych układów automatycznego sterowania. Wydawnictwo Politechniki Krakowskiej, Kraków 1983.
- [10] Rychter T., Teodorczyk A.: Teoria silników tłokowych. WKiŁ, Warszawa 2006.
- [11] Wołkow J., Dindorf R.: Metody graficzne w analizie i syntezie układów hydraulicznych. Wydawnictwo Politechniki Krakowskiej, Kraków 1989.
- [12] Zbierski K., Smoczyński M.: Motion properties of hydraulically actuated valve train. Journal of KONES Powertrain and Transport, Vol. 16, No. 3, 2009.
- [13] Zbierski K.: Koncepcja i bezsilnikowe badania bezkrzywkowego elektrohydraulicznego rozrządu tłokowego silnika spalinowego, Journal of Kones Powertrain and Transport, Vol. 13, No. 3, Warszawa 2006.

Władysław Mitianiec, DSc., DEng. – Associate Professor in the Faculty of Mechanical Engineering at Cracow University of Technology.

Dr hab. inż. Władysław Mitianiec – adiunkt na Wydziale Mechanicznym Politechniki Krakowskiej.

e-mail: wmitaniec@usk.pk.edu.pl



Grzegorz Bac, MSc., Eng. – Former student of Faculty of Mechanical Engineering at Cracow University of Technology.

Mgr inż. Grzegorz Bac – absolwent Wydziału Mechanicznego Politechniki Krakowskiej.



The approximated dynamic vehicle characteristics constructed based on the driving tests

The paper presents the issue of the construction of the fuel consumption and exhaust emissions dynamic characteristics based on the data obtained during the NEDC and FTP-75 driving tests. The results presented in the publication are based on the tests of a class C vehicle, performed in a certified exhaust emissions laboratory. The distributions of engine crankshaft accelerations as a function of its speed for both tests at 1-second intervals have been collated. At these points the measurements of the exhaust emissions were carried out. The authors described the conditions in which modal measurements of the fuel consumption and exhaust emissions in both tests were carried out. The results of the measurements were used for the construction of the approximated characteristics being the functions of velocity and acceleration of the engine crankshaft. Based on the obtained measuring results the approximated dynamic characteristics of the emissions of the four main exhaust components have been developed and the approximations were done with the use of the third order functions. An analysis of the obtained results has been performed and the authors presented the differences resulting from the construction of the above characteristics based on the combined data from the NEDC and FTP-75 tests and each of the tests separately. Moreover, the differences between the data obtained from the individual tests have been presented and evaluated graphically. The obtained results have been summarized and evaluated.

Key words: exhaust emissions, environment, dynamic exhaust emissions characteristics

Aproksymowane charakterystyki dynamiczne pojazdów budowane na podstawie testów jezdnych

W publikacji przedstawiono zagadnienie budowy charakterystyk dynamicznych zużycia paliwa i emisji składników spalin, opierając się na danych pomiarowych uzyskanych z testów jezdnych NEDC i FTP-75. W artykule zaprezentowano wyniki badań konkretnego samochodu klasy C, przeprowadzonych w certyfikowanym laboratorium pomiarów toksyczności spalin. Zestawiono rozkład przyspieszeń wału korbowego silnika w zależności od jego prędkości kątowych dla obydwu testów w kroku, co jedną sekundę. W tych punktach prowadzono badania emisji drogowej składników spalin. Opisano warunki prowadzenia modalnych pomiarów zużycia paliwa i emisji składników spalin w obydwu testach. Wyniki pomiarów wykorzystano do budowy aproksymowanych charakterystyk będących funkcjami prędkości i przyspieszeń wału korbowego silnika. Na podstawie uzyskanych wyników opracowano aproksymowane charakterystyki dynamiczne emisji czterech podstawowych składników spalin przy aproksymacji funkcjami trzeciego stopnia. Przeprowadzono analizę uzyskanych wyników i zaprezentowano różnice wynikające z tworzenia wspomnianych charakterystyk na bazie połączonych danych z testów NEDC i FTP-75 i przy budowie tych charakterystyk na podstawie każdego z tych testów oddzielnie. Oceniono i zaprezentowano graficznie różnice danych uzyskiwanych z poszczególnych testów. Podsumowano i oceniono uzyskane wyniki.

Słowa kluczowe: emisja spalin, ochrona środowiska, charakterystyki dynamiczne emisji

1. Introduction

In the calculations of the fuel consumption or exhaust emissions universal characteristics are frequently used on which the points or lines are overlain of moments of motion resistance depending on the individual vehicle features or traffic conditions. Such actions allow an obtainment of positive results at relatively low accelerations [1]. At more dynamic traffic conditions the dynamic characteristics, whose build has been described in this paper, may turn out useful. The methodology of obtaining of the presented dynamic characteristics is based on the modal measurements of the exhaust emissions in typical driving tests-NEDC and FTP-75. The fuel consumption is calculated from the mass of carbon in the exhaust [2], which allows developing of the dynamic characteristics of fuel consumption.

Most of the exhaust gas components are emitted as a result of a cold start [3]. The latest trends in the legislative di-

1. Wstęp

W obliczeniach zużycia paliwa lub emisji składników spalin często wykorzystuje się charakterystyki uniwersalne silnika, na które nanoszone są punkty lub linie momentów oporu ruchu, zależne od cech pojazdu i warunków ruchu. Takie postępowanie pozwala na uzyskiwanie poprawnych wyników przy stosunkowo niewielkich przyspieszeniach [1]. W bardziej dynamicznych warunkach ruchu przydatne mogą być charakterystyki dynamiczne, których budowę opisano w niniejszym artykule. Metodyka uzyskiwania prezentowanych charakterystyk dynamicznych oparta jest na modalnych pomiarach emisji składników spalin w typowych testach jezdnych NEDC i FTP-75. Zużycie paliwa obliczano z masy węgla w spalinach [2], co pozwalało na opracowanie charakterystyk dynamicznych zużycia paliwa.

Większość składników spalin jest emitowana po tzw. zimnym rozruchu [3]. Najnowsze trendy w dyrektywach

rectives [8] provide for a reduction of the engine temperature at start-up and a reduction in the time from the engine start to the initiation of driving, which will increase the exhaust emissions even more.

Putting stress on the cold start emissions aims at forcing the manufacturers to better protect the urbanized areas against pollution.

Under real traffic conditions the engine operating states in non-steady thermal conditions are a fraction of the total vehicle operating time. From this we can conclude that the on-road emissions (g/km) obtained in the driving tests NEDC and FTP-75 imperfectly reflect the impact of the automotive-generated pollutants on the environment while analyzing traffic of higher average cruising speeds, at a nominal temperature of the catalyst operation.

In this paper the authors propose for the analysis of such traffic conditions a use of the data collected from the driving tests NEDC and FTP-75 excluding the cold start phases. The test areas adopted for further analyses have been indicated in Fig. 1 and 2. At an interval of 1 second it gives approximately 1400 measuring points for the FTP-75 and 1000 points for the NEDC tests.

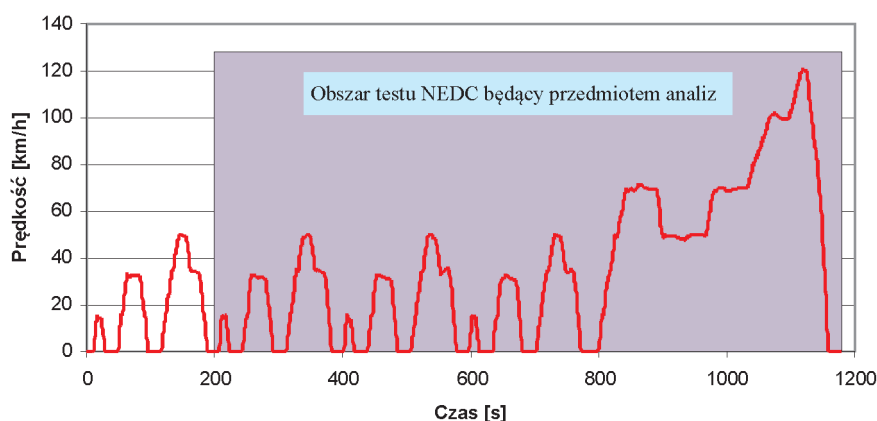


Fig. 1. NEDC driving test with the marked ranges that were subjected to the analysis
Rys. 1. Test jezdny NEDC z zaznaczonymi zakresami, które były przedmiotem analiz

If we assume the on-road emissions as a function of speed and acceleration (or angular velocity of the crankshaft and its angular acceleration) then the set of the measuring points in these coordinates can be presented as in Fig. 3 and 4.

This set is an image of connected measuring points when realizing the NEDC and FTP-75 driving tests at the interval of 1 second. Obviously, at the presented approach to the emissions characteristics these figures do not show the points excluded from the evaluations (those related to the cold start).

legislacyjnych [8] przewidują obniżenie temperatury silnika w momencie rozruchu i skrócenie czasu od rozruchu silnika do początku jazdy, co w jeszcze większym stopniu zwiększy emisję.

Położenie nacisku na emisję po zimnym rozruchu ma zmusić producentów samochodów do lepszej ochrony przed skażeniami obszarów zurbanizowanych.

W rzeczywistych warunkach ruchu stany pracy silnika w nieustalonych warunkach cieplnych stanowią bardzo niewielki ułamek całkowitego czasu ruchu pojazdu. Można z tego wyciągnąć wniosek, że wyniki emisji drogowej (g/km) uzyskane w testach jezdnych NEDC i FTP-75 niewłaściwie odwzorowują oddziaływanie skażeń pochodzenia motoryzacyjnego na środowisko przy analizie ruchu na trasach o większych średnich prędkościach przejazdu, przy nominalnej temperaturze pracy katalizatorów.

W niniejszym opracowaniu proponuje się przyjąć do analiz takich warunków ruchu dane zebrane z emisji składników spalin w testach jezdnych NEDC i FTP-75, z wyłączeniem tzw. faz zimnych. Obszary testów przyjmowane do dalszych analiz oznaczono na rys. 1 i 2. Przy kroku 1 sek. daje to ok. 1400 punktów pomiarowych dla testu FTP-75 i 1000 dla testu NEDC.

Jeżeli przyjmie się emisję drogową jako funkcję prędkości i przyspieszenia (lub prędkości kątowej wału silnika i jego przyspieszenia kątowego), to zbiór punktów pomiarowych w tych współrzędnych można przedstawić jak na rys. 3 i 4.

Zbiór ten jest obrazem połączonych punktów pomiarowych przy realizacji testów NEDC i FTP-75 przy kroku 1 sekundy. Oczywiście, przy przedstawionym podejściu do charakterystyk emisyjności na rysunkach tych nie ujęto punktów wyłączonych z oceny (dotyczących zimnego rozruchu).

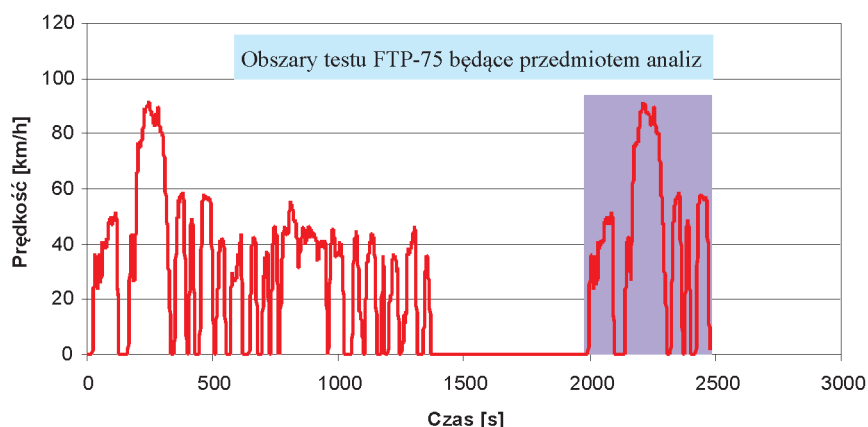


Fig. 2. FTP-75 driving test with the marked ranges that were subjected to the analysis
Rys. 2. Test jezdny FTP-75 z zaznaczonymi zakresami, które były przedmiotem analiz

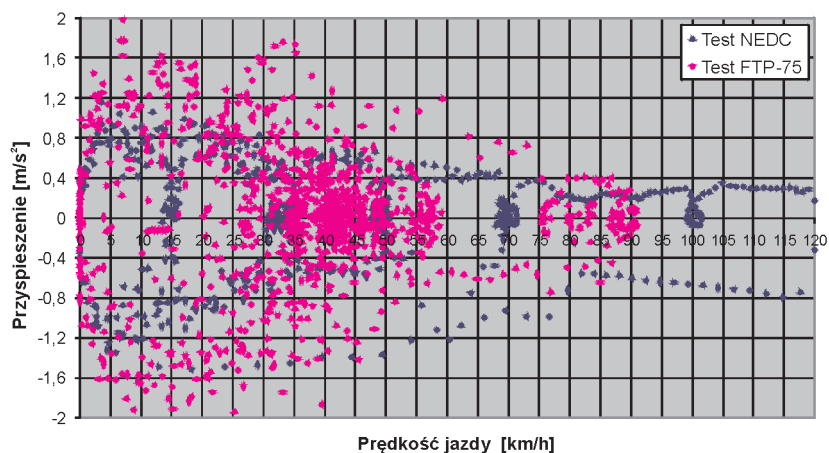


Fig. 3. The set of locations of the measuring points in the NEDC and FTP-75 driving tests in the coordinates of acceleration and driving speed, cold phases excluded

Rys. 3. Zbiór rozmieszczenia punktów pomiarowych w testach jezdnych NEDC i FTP-75 we współrzędnych przyspieszenie i prędkość jazdy przy pominięciu faz zimnych

As results form Fig. 4 much measurement data falls in the acceleration range $\pm 10 \text{ rad/s}^2$ and speeds 160–325 rad/s. The measurement data from this range can constitute a basis for the construction of dynamic characteristics that provide the relation of the fuel consumption or on-road emission and the accelerations and speeds. We can accept the most accurate mapping of the characteristics in this very range. The conducted works based on the real vehicle testing has shown errors at decelerations (engine braking). Attention has been devoted to this issue in [9] having tested the emissions during engine braking on a chassis dynamometer. We need to remember though that the characteristics obtained in such a way refer to a given engine and vehicle type. The idea of the creation of these characteristics is based on the multinomial approximation (having excluded the data from cold starts). The issues of approximation when creating dynamic characteristics have been devoted attention in several publications [5, 6, 7]. In paper [4] a proposal of conjoining of the construction of the dynamic emissions characteristics with the dynamic characteristics of a given vehicle has been put forward. In this paper the approximation was performed with the use of SURFER ver. 8 where the approximating multinomial approximates a given function $f(x)$ with the least squares method.

2. Measurement data

The emission tests were performed in a certified exhaust emission laboratory (certified for Euro 5). The object of the research was a passenger car of segment C of technical specifications given in the Table 1.

During the realization of the FTP-75 test the gearshifts were done according to the adopted plan presented in Fig. 5 and 6.

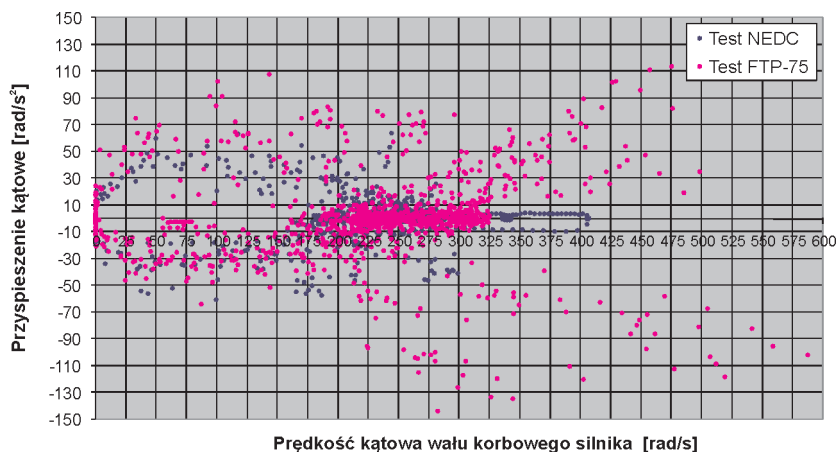


Fig. 4. The set of locations of the measuring points in the NEDC and FTP-75 driving tests in the coordinates of angular velocity and angular acceleration of the crankshaft, cold phases excluded

Rys. 4. Zbiór rozmieszczenia punktów pomiarowych w testach jezdnych NEDC i FTP-75 we współrzędnych prędkość kątowa i przyspieszenie katowe wału korbowego silnika przy pominięciu faz zimnych

Należy przy tym pamiętać, że tak uzyskane charakterystyki odnoszą się do danego typu silnika i określonego typu pojazdu. Ideę tworzenia tych charakterystyk oparto na metodzie aproksymacji wielomianami (po wyłączeniu danych z zimnych rozruchów). Zagadnieniem aproksymacji przy tworzeniu dynamicznych charakterystyk emisyjności poświęcono kilka publikacji [5, 6, 7]. W opracowaniu [4] przedstawiono propozycję powiązania budowy charakterystyk dynamicznych emisyjności z charakterystyką dynamiczną danego typu pojazdu. W niniejszym opracowaniu przeprowadzono aproksymacje przy użyciu programu SURFER ver. 8, w którym wielomian aproksymujący przybliża daną funkcję $f(x)$ metodą najmniejszych kwadratów.

2. Dane pomiarowe

Badania emisji składników spalin prowadzono w certyfikowanym laboratorium toksyczności spalin przystosowanym

Table 1. Vehicle data
Tabela 1. Dane samochodu

1.	Year of manufacture/rok produkcji	2005
2.	Engine displacement/objętość skokowa silnika [cm ³]	1596
3.	Fuel feed/rodzaj zasilania benzyną	Sequential multipoint injection/wtrysk wielopunktowy, sekwencyjny
4.	Transmission/skrzynia biegów	5-speed manual/mechaniczna, 5-biegowa
5.	Gross vehicle weight/dopuszczalna masa całkowita [kg]	2300
6.	Tires/ogumienie	Bridgestone B391 175/70R14
7.	Tire pressure/ciśnienie w ogumieniu [MPa]	Front 0.26/rear 0.30
8.	Maximum power output/moc maksymalna silnika [kW]	76/ 5750 rpm
9.	Maximum torque/maksymalny moment obrotowy [N·m]	145/4000 rpm
10.	Curb weight/masa własna [kg]	1540
11.	Curb weight plus 2 persons and the measurement equipment/masa własna + 2 osoby + aparatura pomiarowa [kg]	1750
12.	Vehicle mileage/przebieg samochodu [km]	65400

3. The results of the approximation and comparison

The results of the on-road emission tests obtained during the realization of the NEDC and FTP-75 driving tests served for the construction of the approximated dynamic characteristics of the emission of four basic exhaust gas components i.e. carbon dioxide, carbon monoxide, hydrocarbons and nitric oxides. The approximation was performed with multinomial functions of the third order separately for each test and for the combined data from all tests. As a reference basis the authors took the approximated characteristics obtained from the combined data from NEDC+FTP-75. With this characteristics the values obtained from the approximated characteristics were compared using the data from individual tests. The differences have been presented in Fig. 7–10.

It is noteworthy that the approximation errors based on the NEDC test results are significant and have negative values as compared to the errors of approximation based on the combined data from the NEDC and

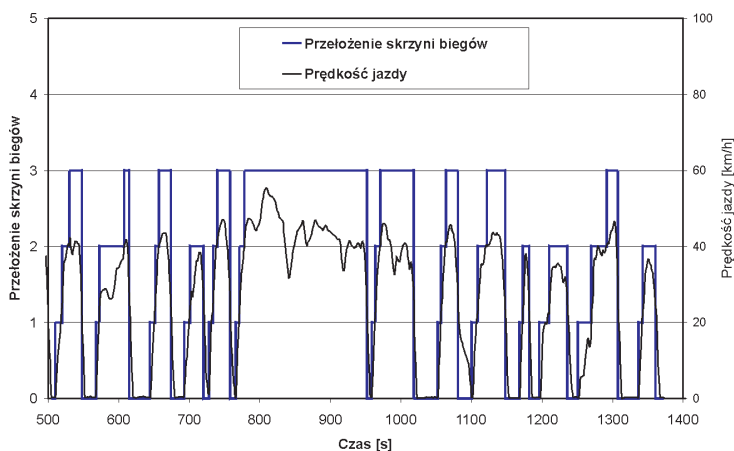


Fig. 6. Driving speed for the steady phase of the U.S. driving test FTP-75 with marked manual gearbox ratios

Rys. 6. Prędkość jazdy dla ustabilizowanej fazy amerykańskiego testu jezdnyego FTP-75 z zaznaczonymi przełożeniami manualnej skrzyni biegów

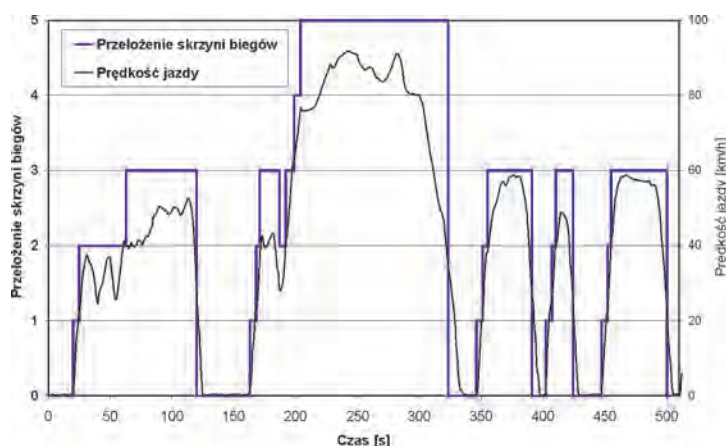


Fig. 5. Driving speed and manual gearbox ratios in the implementation of the transitional phases of the FTP-75 driving test

Rys. 5. Prędkość jazdy i przełożenia manualnej skrzyni biegów przy realizacji faz przejściowych testu FTP-75

do pomiarów na poziomie wymagań Euro 5. Obiektem badań był samochód osobowy klasy handlowej C, o danych zestawionych w tabelicy 1.

Podczas realizacji testu FTP-75 przełączenia biegów następowały zgodnie z przyjętym grafikiem zaprezentowanym na rys. 5 i 6.

3. Wyniki aproksymacji i ich porównanie

Wyniki badań emisji drogowej uzyskane podczas realizacji testów jezdnych NEDC i FTP-75 posłużyły do budowy aproksymowanych charakterystyk dynamicznych emisji czterech podstawowych składników spalin, tj. dwutlenku węgla, tlenku węgla, węglowodorów i tlenków azotu. Przeprowadzono aproksymację funkcjami wielomianowymi trzeciego stopnia, oddzielnie dla danych z każdego testu oraz dla połączonych danych z tych testów. Za bazę odniesienia przyjęto aproksymowane charakterystyki uzyskane z połączonych danych NEDC+FTP-75. Do tej charakterystyki odnoszono wartości uzyskiwane z aproksymowanych charakterystyk przy wyko-

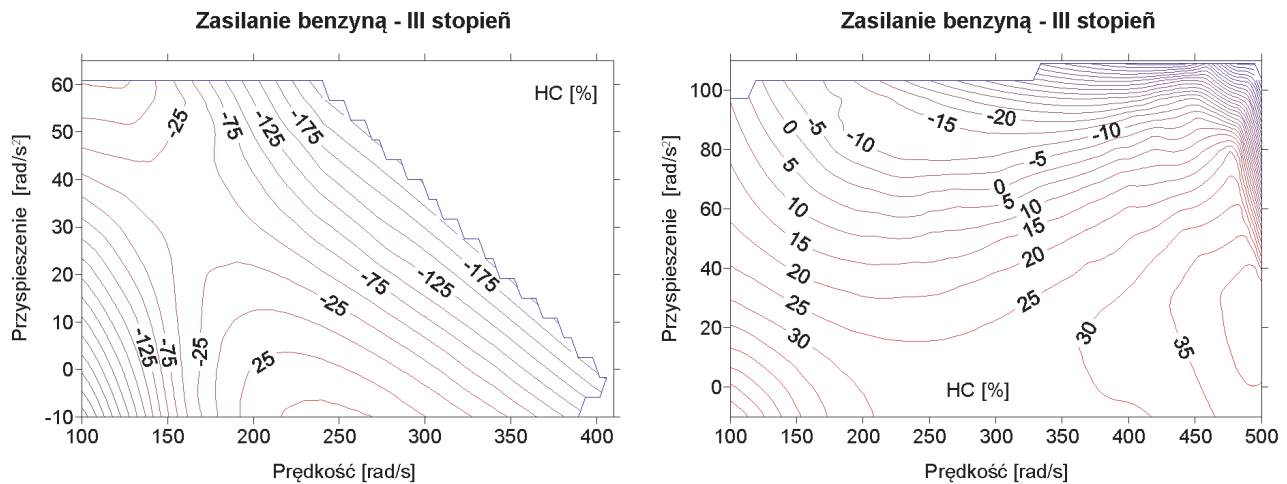


Fig. 7. Errors between the approximation based on the combined data from the FTP-75 and the NEDC and the approximation based on the measurements of only the NEDC and only the FTP-75 for the road emissions of hydrocarbons for gasoline fuelling

Rys. 7. Błędy między aproksymacją opartą na połączonych danych FTP-75 i NEDC a aproksymacją opartą tylko na pomiarach NEDC i tylko FTP-75 dla emisji drogowej węglowodorów przy zasilaniu benzyną

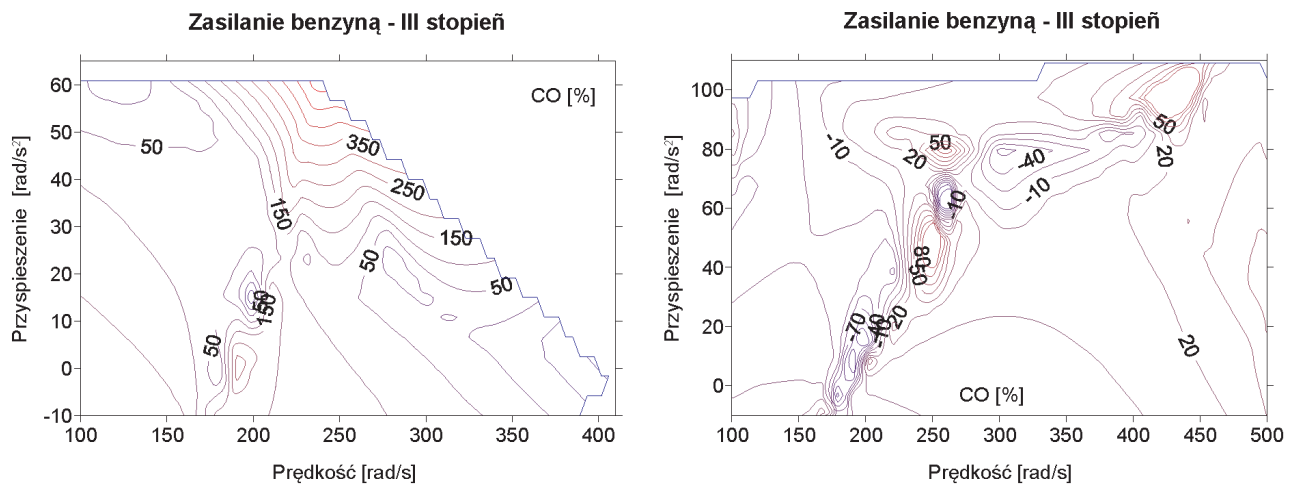


Fig. 8. Errors between the approximation based on the combined data from the FTP-75 and the NEDC and the approximation based on measurements of only the NEDC and only the FTP-75 for the road emissions of carbon monoxide for gasoline fuelling

Rys. 8. Błędy między aproksymacją opartą na połączonych danych FTP-75 i NEDC a aproksymacją opartą tylko na pomiarach NEDC i tylko FTP-75 dla emisji drogowej tlenku węgla przy zasilaniu benzyną

FTP-75 tests. Hence, this characteristics lies entirely below the reference characteristics. The approximation of the emission based on the data from the FTP-75 test has errors of positive value (lies above the reference characteristics), and the level of the errors is much lower than in the case of the characteristics based on the data from the NEDC tests. The greatest error values occur at high accelerations and high engine speeds, thus in a range that practically does not occur in regular vehicle operation.

The maps of the on-road emission of carbon monoxide obtained based on individual tests and presented in the form of multinomials of the third order locally diverge from the values in the maps built based on the combined NEDC and FTP-75 driving tests. When analyzing these maps we can see that the mapping errors obtained in the FTP-75 test have values of one order of magnitude lower than the errors ob-

rzystaniu danych z pojedynczych testów. Różnice zaprezentowano na rys. 7–10.

Oceniając powyższe wykresy, warto zwrócić uwagę, że błędy aproksymacji opartej na wynikach z testu NEDC są znaczące i mają wartości ujemne w stosunku do błędów aproksymacji opartej na połączonych danych z testów NEDC i FTP-75. Tak więc charakterystyka ta leży w całości poniżej charakterystyki odniesienia. Aproksymacja emisji oparta na danych z testu FTP-75 zawiera błędy o wartościach dodatnich (leży nad charakterystyką odniesienia), a poziom tych błędów jest znacznie niższy niż przy charakterystyce opartej na danych z testu NEDC. Największe wartości błędów występują przy dużych przyspieszeniach i dużych prędkościach obrotowych, a więc w obszarze praktycznie niewystępującym w eksploatacji pojazdów.

tained based on the NEDC test. The greatest errors occur at the engine speeds of maximum engine torque.

Analyzing the error maps of the on-road emission of carbon dioxide we can see that lower values occur for the map based on the data from the FTP-75 test. Excluding the values of the errors at deceleration we can see that these errors are within the range of 10% and their smallest values occur in the range that is most frequently used in vehicle operation. The mapping errors of the on-road emission of carbon dioxide based on the data from the NEDC test are one order of magnitude greater than those obtained in the approximation based on the data from the FTP-75 test.

4. Conclusions

Dynamic characteristics of the exhaust emissions under transient states can be a useful tool in the analysis of

Mapy emisji drogowej tlenku węgla uzyskane na bazie pojedynczych testów i przedstawione w postaci wielomianów trzeciego stopnia lokalnie znacząco odbiegają od wartości z map budowanych na bazie połączonych testów jezdnych NEDC i FTP-75. Analizując te mapy, można stwierdzić, że błędy odwzorowań uzyskane na bazie testu FTP-75 mają wartości o rząd mniejsze od wartości błędów charakterystyki uzyskanej na bazie testu NEDC. Największe wartości błędów występują przy prędkościach obrotowych zbliżonych do prędkości maksymalnego momentu obrotowego silnika.

Analizując mapy błędów emisji drogowej dwutlenku węgla, można zauważyć, że mniejsze wartości występują dla mapy opartej na danych z testu FTP-75. Pomijając wartości błędów przy przyspieszeniach ujemnych, można stwierdzić, że błędy te mieszczą się w granicach 10%, a najmniejsze ich wartości występują w obszarze najczęściej wykorzy-

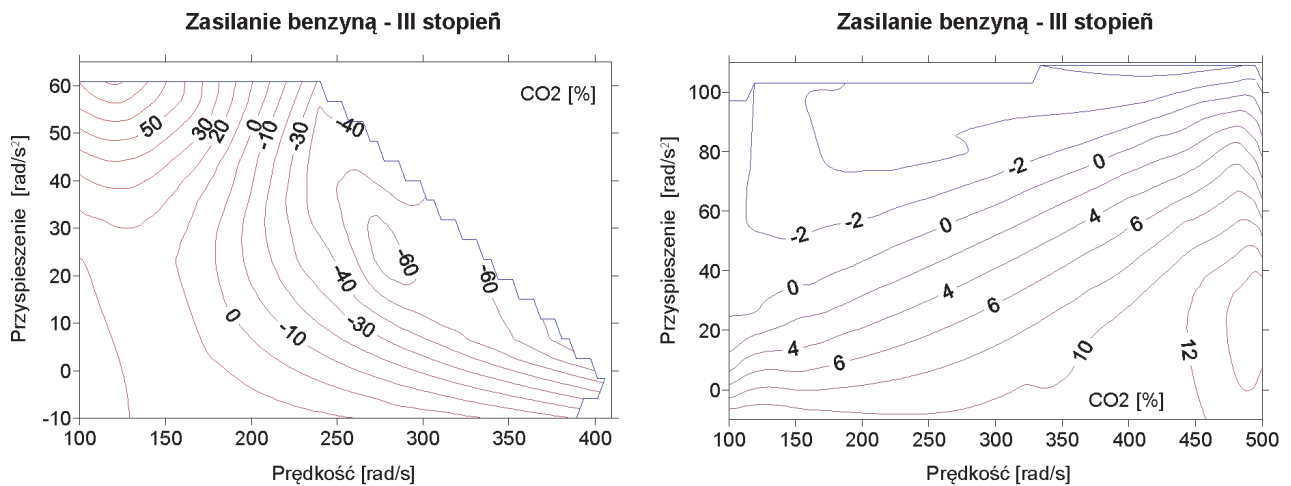


Fig. 9. Errors between the approximation based on the combined data from the FTP-75 and the NEDC and the approximation based on the measurements of only the NEDC and only the FTP-75 for the road emissions of carbon dioxide for gasoline fueling

Rys. 9. Błędy między aproksymacją opartą na połączonych danych FTP-75 i NEDC a aproksymacją opartą tylko na pomiarach NEDC i tylko FTP-75 dla emisji drogowej dwutlenku węgla przy zasilaniu benzyną

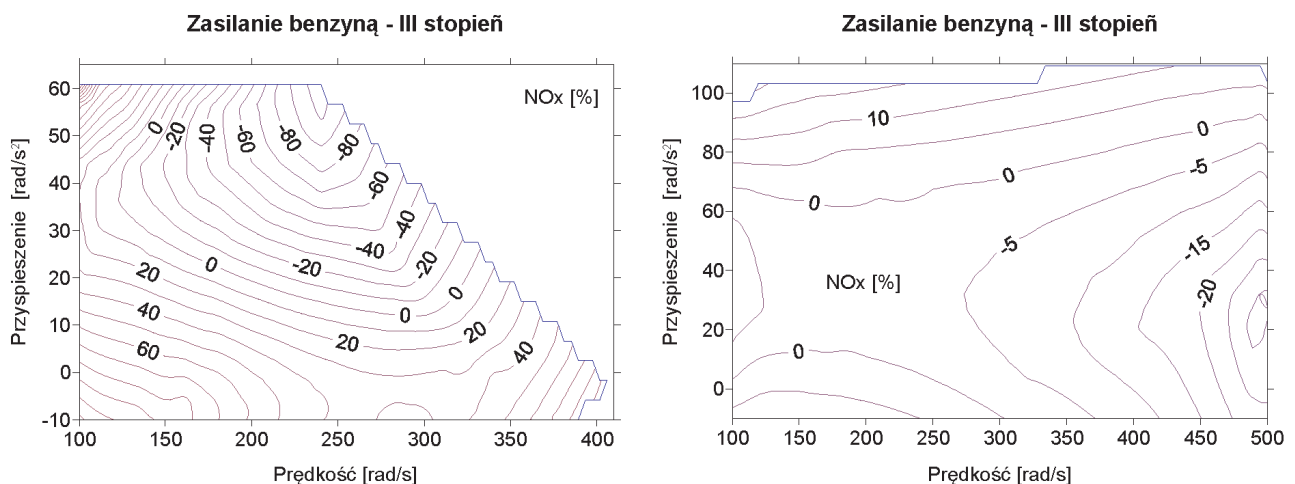


Fig. 10. Errors between the approximation based on combined data from the FTP-75 and the NEDC and the approximation based on measurements of only the NEDC and only FTP-75 for the road emissions of nitrogen oxides for gasoline fuelling

Rys. 10. Błędy między aproksymacją opartą na połączonych danych FTP-75 i NEDC a aproksymacją opartą tylko na pomiarach NEDC i tylko FTP-75 dla emisji drogowej tlenków azotu przy zasilaniu benzyną

vehicles in motion that are treated as a source of pollution. Yet, we need to be aware of the errors that occur at various algorithms of the formation of these characteristics. In the authors' opinion, satisfactory results can be achieved if for the approximation the combined data from the NEDC and FTP-75 are used. For the researchers an important temptation may be the drive to create such characteristics based on one of the tests exclusively. This paper indicates possible errors that arise from that. The performed analyses allow some generalizations set forth below:

- Dynamic characteristics of the exhaust emission components based on the data from the FTP-75 test are burdened with fewer errors as compared to the values obtained from the approximation based on the combined data from the NEDC and FTP-75 tests. One of the justifications of the above could be the fact that for the combined data from both tests a higher number of measuring points is contributed by the FTP-75 test and it is a test of lower acceleration amplitudes.
- The worst mapped characteristics are of the on-road emission of carbon monoxide. An explanation of this state could be the programmed fuel injection control characteristics that, for high instantaneous accelerations stimulate the feed of rich air-fuel mixture.
- The occurrence of the emission at decelerations does not exclusively result from the approximation methods. The results of the investigations of this engine operating range were discussed in [9].

Paper reviewed

Bibliography/Literatura

- [1] Romaniszyn K.M.: Ocena różnic w określaniu zużycia paliwa samochodu na podstawie charakterystyki uniwersalnej i dynamicznej. *Silniki Spalinowe* 2/2004 (119).
- [2] Romaniszyn K.M.: Alternatywne zasilanie samochodów benzyną oraz gazami LPG i CNG – badania porównawcze dynamiki rozpędzania oraz emisji spalin. WNT, Warszawa 2007.
- [3] Bielaczyc P., Merksiz J., Pielecha J.: Stan cieplny silnika spalinowego a emisja związków szkodliwych. Press of TU, Poznań 2001.
- [4] Brzozowski K., Romaniszyn K.M.: An effective method of creating dynamic characteristics using drive tests. *The Archive of Mechanical Engineering*, 4/2003, Vol. L.
- [5] Chłopek Z.: Modelowanie procesów emisji spalin w warunkach eksploatacji trakcyjnej. *Scientific Papers in Mechanics* 175, Press of TU, Warsaw 1999.
- [6] Brzozowski K., Romaniszyn K.M.: Wyznaczanie charakterystyk dynamicznych zużycia paliwa i emisji związków szkodliwych spalin w oparciu o badania na hamowni podwoziowej. *Materiały Ogólnopolskiej Konferencji „Pojazd a środowisko”*, Radom 2003.
- [7] Romaniszyn K.M., Wojciech S.: Influence of fuel on economical and ecological car acceleration. *The Archive of Mechanical Engineering*, Vol. LI, 1/2004, p. 32-48.
- [8] Merksiz J., Pielecha J., Radzimirski S.: Pragmatyczne podstawy ochrony powietrza atmosferycznego w transporcie drogowym. Wydawnictwo Politechniki Poznańskiej, Poznań 2009.
- [9] Romaniszyn K.M.: The use of piston engine brake as related to the emission of selected exhaust gas components. *Combustion Engines* 1/2008 (132).

Kazimierz M. Romaniszyn, DSc., DEng. – Professor in the Faculty of Mechanical Engineering and Computer Science at University of Bielsko-Biala.

Prof. dr hab. inż. Kazimierz M. Romaniszyn – profesor na Wydziale Budowy Maszyn i Informatyki Akademii Techniczno-Humanistycznej w Bielsku-Białej.

e-mail: kromaniszyn@ath.bielsko.pl



Henryk Wnęk, PhD., DEng. – doctor in the Faculty of Mechanical Engineering and Computer Science at University of Bielsko-Biala.

Dr inż. Henryk Wnęk – adiunkt na Wydziale Budowy Maszyn i Informatyki Akademii Techniczno-Humanistycznej w Bielsku-Białej.

e-mail: hwnek@ath.bielsko.pl



The operating parameters of internal combustion engines in the road test

A characteristic feature of internal combustion engines of a vehicle used in real operating conditions are frequent changes of the values of power in the powertrain. The analysis of the results of the road test through a measurement of parameters of engine (CAN BUS) in a passenger car proves, that the changes of parameters and engine power are frequent. Particularly under the conditions of urban test-drive their frequency, range and dynamics is significant. As a result the engine speed, throttle opening and fuel consumption are not constant, as in the case of measurements realized under stationary conditions on an engine test stand, while determining of the engine speed characteristic. The paper presents the analysis of the engine parameters determined based on on-road tests rather than laboratory tests.

Key words: CAN BUS, parameters of work, internal combustion engine

Parametry pracy silnika spalinowego w teście drogowym

Cechą charakterystyczną samochodowego silnika spalinowego poruszającego się w rzeczywistych warunkach ruchu na drodze są częste zmiany mocy w układzie napędowym. Analiza wyników rejestracji jazdy drogowej przez pomiar parametrów silnika na magistrali CAN BUS w samochodzie osobowym dowodzi, że zmiany parametrów i mocy silnika są częste. Szczególnie w warunkach jazdy miejskiej ich częstotliwość, zakres i dynamika zmian jest duża. W rezultacie prędkość obrotowa silnika, uchylenie przepustnicy i zużycie paliwa nie są stałe, jak przy pomiarach wykonywanych w warunkach statycznych na hamowni silnikowej. W artykule przedstawiono analizę parametrów pracy silnika spalinowego określonych nie na podstawie wyników badań stanowiskowych, ale na podstawie wyników pomiarów zrealizowanych podczas jazd drogowych.

Słowa kluczowe: parametry pracy, silnik spalinowy, magistrala CAN BUS

1. Introduction

In the present state of technology, a lot of attention is paid to analysis of engine parameters in real conditions on the road in order to ensure that the then obtained course is devoid of any interferences [1, 2, 4, 5]. However, a combustion engine is a dynamic object and its operation with variable speed is accompanied by energy accumulation processes. The most important processes of accumulation are connected with the flow of thermal and mechanical energy of movable masses of the crankshaft-piston assembly of the engine. The above-mentioned phenomena affect the changes of the operating parameters of engine in the powertrain of a vehicle in real conditions on the road. In modern passenger vehicles, the entire powertrain is subject to constant evolution manifested by better indicators of operation resulting from structural improvement of known solutions. The new solutions have to consider protection of natural environment against the effects of the development of the automotive industry being one of the main tasks that a man has to face in the 21st century. However, we have to remember about the basic functions of the engine and powertrain of a passenger vehicle involving generation of the engine torque as appropriate for driving conditions that is translated into a respective driving force resulting from the relationship (1):

$$F_n = \frac{M_{oi} n_{UN}}{r_d} \leq (F_n)_{gr} \quad (1)$$

1. Wstęp

Przy obecnym stanie techniki bardzo dużo uwagi poświęca się analizie parametrów silnika w warunkach rzeczywistego ruchu drogowego, tak aby ich uzyskany ich przebieg był pozbawiony wszelkich zakłóceń [1, 2, 4, 5]. Jednak silnik spalinowy jest obiektem dynamicznym, któremu podczas pracy ze zmienną prędkością towarzyszą procesy akumulacji energii. Najważniejsze procesy akumulacji są związane z przepływem energii cieplnej i energii mechanicznej ruchomych mas układu korbowo-tłokowego silnika. Wymienione zjawiska oddziałują na zmianę parametrów pracy silnika w układzie napędowym samochodu w rzeczywistych warunkach ruchu. W nowoczesnych samochodach osobowych cały układ napędowy podlega nieustannej ewolucji, przejawiającej się lepszymi wskaźnikami pracy, wynikającymi z konstrukcyjnego doskonalenia znanych rozwiązań. Nowe rozwiązania muszą mieć na uwadze ochronę środowiska naturalnego przed skutkami rozwoju motoryzacji; jest to jedno z głównych zadań, jakim musi sprostać człowiek XXI wieku. Nie można jednak zapomnieć o podstawowej funkcji silnika i układu napędowego samochodu osobowego, polegającej na generowaniu odpowiedniego do warunków ruchu momentu obrotowego silnika, który przekłada się na odpowiednią siłę napędową zgodnie z zależnością (1).

Jej przebieg, szczególnie w procesie rozpędzania, ma istotne znaczenie dla bezpieczeństwa ruchu. Jest to w sensie dynamicznym ekstremalny stan ruchu przyspieszonego, od startu aż do osiągnięcia określonej prędkości docelowej,

The course of the driving force, in particular, during acceleration, is significant for traffic safety. From a dynamic point of view, it is an extreme state of accelerated drive – from the start until attainment of a specified target speed and most often with devices controlling feeding of fuel into the combustion engine set to full dosing. According to literature [4, 9], the share of acceleration phase in normal operating conditions constitutes a considerable part of drive time, i.e. as much as 42% of the total time of urban driving and 26% of extra urban driving. According to [9], change of the position of the UN actuators is made from 120 to 350 times per hour, which corresponds to 6-17 changes on average per one kilometer of drive. In official certification tests of vehicles adopted by the U.S. Environmental Protection Agency, according to EPA cycle, the acceleration phase constitutes 39.7% of the total drive time of a vehicle in urban conditions and 33% in extra urban conditions.

Whereas basic resistance forces are determined unambiguously by structural parameters of a vehicle, its acceleration ability depends directly on the operating parameters of the engine and transmission system. The analysis of the operating parameters of the engine is the object of this study.

2. Variability of driving conditions of a vehicle

During acceleration, when the powertrain is in temporary conditions (dynamic condition) and adopted constant values are variable (which relates to the traction coefficient, rolling resistance coefficient, variable dynamic radius, efficiency of the drive transmission system), the indicated momentary parameters of the engine in real conditions on the road have to be measured precisely and they differ from the parameters obtained in stationary conditions [3, 6, 7, 8]. The situation is additionally complicated by the surrounding conditions that force constant changes of the engine power fed to the wheels, which is indirectly shown in the charts presented in Fig. 1.

Measurement of the operating parameters of the engine in variable speed conditions requires solving a lot of problems that relate, in particular, to the availability of all measured parameters in real time.

3. Testing tools and tested object

Due to diversified structure of engines in the powertrain of a vehicle, the Chair of Road and Agricultural Vehicles of

najczęściej przy ustawieniu urządzeń sterujących dopływem paliwa do silnika spalinowego na pełne dawkowanie. Jak podaje literatura [4, 9], udział fazy rozpędzania w warunkach normalnej eksploatacji stanowi znaczną część czasu jazdy, tj. aż 42% łącznego czasu jazdy miejskiej i 26% jazdy drogowej. Według [9] zmiana położenia elementów sterujących UN dokonywana jest 120 do 350 razy w ciągu godziny, co odpowiada średnio 6 do 17 zmianom na kilometr przebytej drogi. W badaniach homologacyjnych pojazdów, przyjętych przez Amerykańską Agencję Ochrony Środowiska (*U.S. Environmental Protection Agency*), według cyklu EPA, faza przyspieszania to 39,7% łącznego czasu jazdy pojazdu w warunkach miejskich i 33% w warunkach pozamiejskich.

Zważywszy, że siły oporów podstawowych są jednoznacznie determinowane parametrami konstrukcyjnymi samochodu, jego zdolność przyspieszania zależy bezpośrednio od parametrów pracy silnika i układu przeniesienia napędu. Analiza parametrów pracy silnika jest przedmiotem niniejszego opracowania.

2. Zmienność warunków ruchu samochodu

Podczas przyspieszania, gdy układ napędowy jest w warunkach przejściowych (stan dynamiczny), a przyjęte wartości stałe są zmienne (dotyczy to współczynnika przyczepności, współczynnika oporu toczenia, zmiennego promienia dynamicznego, sprawności układu przeniesienia napędu), wyznaczone chwilowe parametry silnika w rzeczywistych warunkach ruchu wymagają precyzyjnego pomiaru i różnią się od parametrów uzyskanych w warunkach ustalonych [3, 6, 7, 8]. Sytuację dodatkowo komplikuje otoczenie, które wymusza ciągle zmiany mocy silnika doprowadzonej do kół; pośrednio uwidaczniają to wykresy przedstawione na rys. 1.

Pomiar parametrów pracy silnika w warunkach zmiennej prędkości wymaga rozwiązania wielu problemów, które dotyczą przede wszystkim dostępności mierzonych parametrów w czasie rzeczywistym.

3. Narzędzia badawcze i obiekt badań

Ze względu na zróżnicowaną konstrukcję silników w układzie napędowym samochodu, w Katedrze Pojazdów Drogowych i Rolniczych Politechniki Opolskiej zbudowano przenośny system rejestracji danych pomiarowych o nazwie

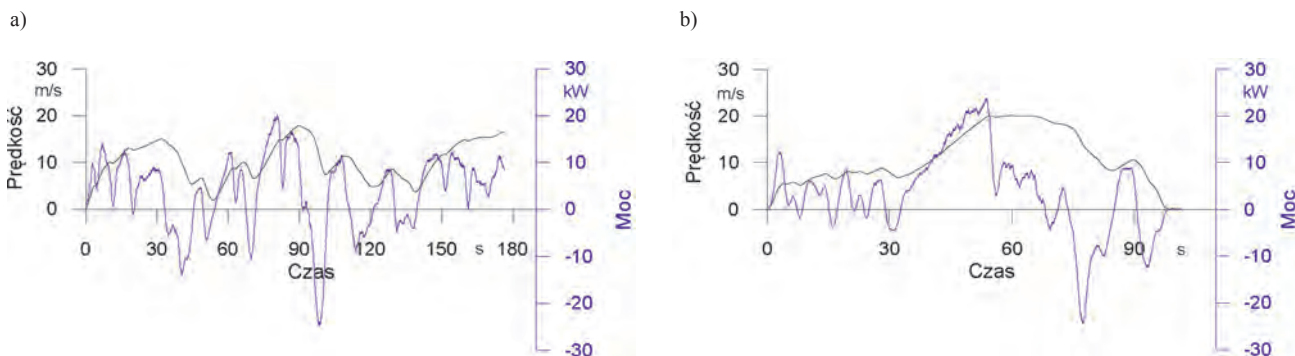


Fig. 1. The example temporary course of the speed and the power for the following traffic: a) urban, b) extra urban
Rys. 1. Przykładowy czasowy przebieg prędkości jazdy i mocy w warunkach ruchu: a) miejskiego, b) pozamiejskiego

the Opole University of Technology developed a portable measurement data recording system referred to as PAAF2 (Power Acceleration And Force). The system is used for recording of operating parameters of the engine and kinematic values characterizing the drive of the tested vehicle. The application was created with the use of LabView program. The main window of the application enabling the operation of the software is presented in Fig. 2.

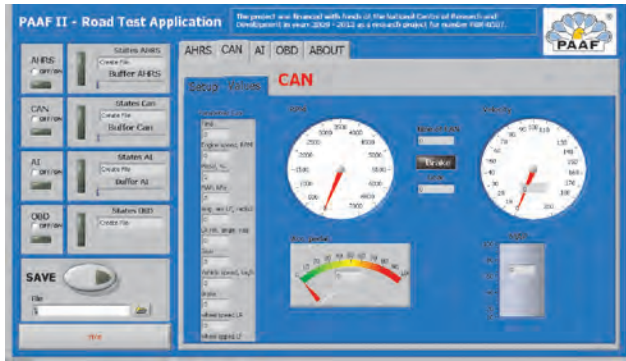


Fig. 2. The Main window of PAAF2
Rys. 2. Główne okno sterujące programu PAAF2

The system enabled recording of operating parameters of the engine and kinematic parameters of the drive of a vehicle in the field of time from the following measurement systems:

- from the diagnostic system OBD II:
 - engine speed in rev./min.,
 - throttle opening, %,
 - vacuum in the intake manifold, kPa,
 - linear speed of the vehicle, km/h,
- from analogue and digital measurement card NI 6212 used for measurement of:
 - speed [km/h] and road [m] from Corrsys Datron L350 optical head,
 - throttle opening, %,
 - acceleration pedal, %,
- from the system of acceleration and multifunctional sensor 3DM-GX3-25:
 - magnetic directions of the axis X, Y, Z,
 - acceleration of the axis X, Y, Z, m/s^2 ,
 - rotating angle of measurement axis, X, Y, Z, radius,
- from the drive network of data transmission based on CAN BUS, including, among others:
 - engine speed, rev./min.,
 - throttle opening, %,
 - acceleration pedal, %
 - vacuum in the intake manifold, kPa,
 - acceleration of the wheel, rad/s^2 ,
 - wheel distance covered, radius
 - gear number,
 - linear speed of the vehicle, km/h,
 - brake pedal,
 - charging pressure, %,
 - temperature, $^{\circ}C$,

PAAF2 (ang. *Power Acceleration And Force*). System ten służy do rejestracji parametrów pracy silnika spalinowego oraz wielkości kinematycznych charakteryzujących ruch badanego samochodu. Aplikacja została napisana przy użyciu programu LabView. Główne okno aplikacji, umożliwiające obsługę programu, przedstawiono na rys. 2.

System umożliwił rejestrację parametrów pracy silnika oraz kinematycznych ruchu samochodu w dziedzinie czasu, z następujących układów pomiarowych:

- z pokładowego systemu diagnostycznego OBD II:
 - prędkość obrotową silnika, obr/min,
 - uchylenie przepustnicy, %,
 - podciśnienie w kolektorze dolotowym, kPa,
 - prędkość liniową pojazdu, km/h,
- z analogowo-cyfrowej karty pomiarowej NI 6212, za pomocą której mierzono:
 - prędkość [km/h] oraz drogę [m] z głowicy optycznej Corrsys Datron L350,
 - uchylenie przepustnicy, %,
 - pedał przyspieszenia, %,
- z układu pomiaru przyspieszenia z wielofunkcyjnego czujnika 3DM-GX3-25:
 - kierunki magnetyczne osi X, Y, Z,
 - przyspieszenie osi X, Y, Z, m/s^2 ,
 - kąt obrotu osi pomiarowych, X, Y, Z, rad,
- z pokładowej sieci transmisji danych opartej na magistrali CAN BUS m.in:
 - prędkość obrotową silnika, obr/min,
 - uchylenie przepustnicy, %,
 - pedał przyspieszenia, %
 - podciśnienie w kolektorze dolotowym, kPa,
 - przyspieszenie koła, rad/s^2 ,
 - przebytą drogę koła, rad
 - numer biegu,
 - prędkość liniową pojazdu, km/h,
 - pedał hamulca,
 - ciśnienie doładowania, %,
 - temperaturę, $^{\circ}C$,
 - obciążenie, %,
 - strumień paliwa, ml/suw.

Dzięki elastycznemu systemowi pomiarowemu aplikacja PAAF2 umożliwiła swobodny wybór sposobu zapisu parametrów w zależności od użytego pojazdu badawczego. Odczyt parametrów z systemu OBD II raz skonfigurowany umożliwił odczyt parametrów, niezależnie od badanego samochodu. W badaniach drogowych wykorzystano samochody osobowe różnych marek, z których każdy charakteryzował się odmienną konstrukcją silnika i układu napędowego, tj. Citroen C5 V6, Mercedes-Benz B180, Seat EXEO 2.0 TSI, Fiat Punto II 1.2 16V, Hyundai i35, Seat Ibiza 1.4 MPI.

4. Parametry pracy silnika w teście drogowym

Jak już wspomniano, proces przyspieszania z maksymalną intensywnością jest ekstremalnym stanem pracy dla silnika i charakteryzuje się niepowtarzalnością oraz występowaniem losowych zakłóceń. Poniżej przedstawiono (rys. 3) zarejestrowany przykładowy profil prędkości podczas

- load, %,
- fuel stream, ml/stroke.

Owing to the flexible measurement system, PAAF2 application made it possible to select freely a method of recording of parameters depending on the testing vehicle used. Once configured, the readout of parameters from the OBD II system made it possible to read parameters, regardless of the tested vehicle. In road tests, various makes of vehicles were used and each of them was characterized by different structure of the engine and powertrain, i.e. Citroen C5 V6, Mercedes-Benz B180, Seat EXEO 2.0 TSI, Fiat Punto II 1.2 16V, Hyundai i35, Seat Ibiza 1.4 MPI.

4. Operating parameters of the engine during on-road test

As it has already been mentioned, the process of acceleration with maximum intensity is an extreme operating condition of the engine and it is characterized by uniqueness and presence of random interferences. The figure below (Fig. 3) presents an example of the recorded speed profile during the acceleration of Citroen C5 passenger vehicle with PAAF2.

The above chart compares the recorded course of linear speed of the vehicle during the process of acceleration with the use of three methods. They relate to the recording of parameters from:

- the diagnostic network OBD II
- the network of data transmission CAN
- direct measurement, e.g. Datron L350 sensor.

Four parameters were recorded from the drive diagnostic network and the parameters constitute a valuable source of information about, what was happening with the engine during the process of acceleration. Despite standardization of OBD II transmission protocols in this field, the main problem connected with the operation of the system is the lack of transmission in real time. We record a signal with low resolution and the signal is transmitted with a delay. As a result, the recorded signal is not continuous. Another problem connected with this measurement involves communication of OBD II standard that is based upon queries and feedback, where the source of query is an external device and feedback is given by particular controllers of the drive network. Thus, there is also a time shift between the two signals recorded in this system. The number of signals recorded affects the obtained speed of communication and, in this case, sampling frequency of 2 Hz was obtained for one signal.

The use of information from the drive system of data transmission and CAN BUS is a source of direct information transmitted between controllers of the drive network of the vehicle with transmission speed depending on a vehicle make (the speed for Citroen C5 was 500 Kbit/s, which enables recording of transmitted parameters with a sampling frequency of 65 Hz). The main problem connected with

procesu rozpędzania dla samochodu osobowego Citroen C5 systemem PAAF2.

Na powyższym wykresie porównano zarejestrowany przebieg prędkości liniowej samochodu podczas procesu przyspieszania trzema metodami. Dotyczą one zapisu parametrów z:

- pokładowej sieci diagnostycznej OBD II
- sieci transmisji danych CAN
- bezpośredniego pomiaru np. czujnik Datron L350.

Z pokładowej sieci diagnostycznej rejestrowano cztery parametry, które są źródłem cennych informacji o tym, co działo się z silnikiem podczas rozpędzania. Pomimo standaryzacji protokołów transmisji OBD II w tej dziedzinie, głównym problemem związanym z działaniem tego systemu jest brak transmisji w czasie rzeczywistym. Rejestrujemy sygnał o niskiej rozdzielczości przesyłany z opóźnieniem. W efekcie zarejestrowany sygnał nie jest ciągły. Kolejnym problemem związanym z tym pomiarem jest komunikacja

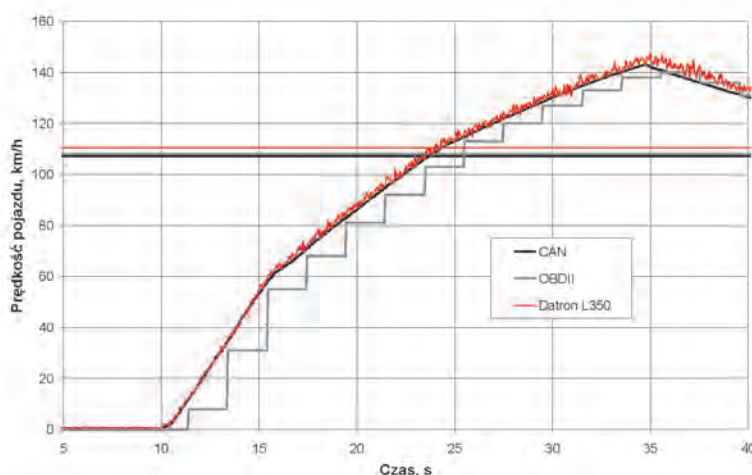


Fig. 3. Vehicle speed profile of the on-road test

Rys. 3. Profil prędkości samochodu podczas testu drogowego

standardu OBD II, która opiera się na zapytaniach i odpowiedziach, przy czym źródłem zapytań jest urządzenie zewnętrzne, a odpowiedzi udzielają poszczególne sterowniki sieci pokładowej, a więc istnieje również przesunięcie czasowe pomiędzy dwoma rejestrowanymi sygnałami w tym układzie. Ilość rejestrowanych sygnałów wpływa na uzyskaną szybkość komunikacji, w tym przypadku uzyskano częstotliwość próbkowania 2 Hz dla jednego sygnału.

Wykorzystanie informacji z pokładowego systemu transmisji danych, magistrali CAN BUS, jest źródłem bezpośrednich informacji przekazywanych pomiędzy sterownikami sieci pokładowej samochodu z prędkością transmisji zależną od marki samochodu (dla Citroena C5 prędkość wynosiła 500 Kbit/s, co umożliwia zapis transmitowanych parametrów z częstotliwością próbkowania 65 Hz). Głównym problemem związanym z dostępem do informacji przesyłanych w obrębie sieci CAN jest nieznanostwo szczegółowego protokołu transmisji, tj. na jakim adresie ID transmitowana jest jaka zmienna i jaki został zastosowany sposób kodowania infor-

access to information transmitted within CAN network is the unknown detailed transmission protocol, i.e. to which ID address a given variable is transmitted and what method of coding of information was used. Particular data is transmitted in 8 byte base 16 system and the information is transmitted on one or two bytes. The scope of change for one byte is from 0 to 255 and for two bytes – from 0 to 65,535. The number of recorded signals does not affect the obtained frequency of record.

Direct measurement requires using additional measurement equipment, e.g. Datron L350 optical sensor and measurement card manufactured, for example, by National Instrument. Additionally, measurement with the use of this method requires a modification of the vehicle for the purposes of installation of additional sensors or delivery of appropriate measurement points.

Differences between indications of throttle opening values (Fig. 4) are small in the case of the second and third method. However, the method of measurements based upon OBD II system is characterized by intermittence (step course) and time delay.

The greatest opportunities as regards selection of parameters and transmitted quantities were offered by the method based upon recording of information transmitted between controllers of CAN BUS data transmission network.

The number of various manufacturers of vehicles and systems used for the creation of CAN drive data transmission network causes that, despite standardization, they differ in details of workmanship and are not fully compatible. This relates both to the physical aspect of data transmission, i.e. level of voltage, forming of the transmission frame, network structure or transceiver system as well as the IT aspect. Despite comprehensive service documents, information concerning protocols of transmission used in CAN buses is perfunctory or brief [10]. The documents describe in detail diagnostic processes on the basis of the standard of OBD II data transmission. However, it is difficult to obtain direct access to parameters of the data bus. A considerable part of vehicle manufacturers conducts CAN bus to OBD II diagnostic connection onto 6 and 14 pins, however, it is often impossible to obtain direct access to parameters of the bus. In many cases, parameters are transmitted through a respective CAN bus controller, which cooperates with OBD II diagnostic system and transmits appropriate data prepared in this standard.

Generally, we may distinguish between several methods of communications between CAN network controllers and external devices reading data via OBD II connection:

- direct coded access to CAN bus is only possible for devices programmed by technical support of a given make,
- direct open communication – in this case, CAN network junctions are conducted in the diagnostic socket,
- indirect access with the use of OBD II standard. If CAN bus controller states that a diagnostic device is not manu-

macji. Poszczególne dane są transmitowane w układzie 8 bajtów w systemie szesnastkowym, przy czym informacje są przesyłane na jednym lub dwóch bajtach. Zakres zmiany na jednym bajcie wynosi od 0 do 255, a na dwóch od 0 do 65 535. Liczba rejestrowanych sygnałów nie wpływa na uzyskaną częstotliwość zapisu.

Bezpośredni pomiar wymaga zastosowania dodatkowych urządzeń pomiarowych, np. czujnika optycznego Datron L350 i karty pomiarowej np. firmy National Instrument. Ponadto pomiar tą metodą wymaga modyfikacji samochodu w celu montażu dodatkowych czujników lub wykonania odpowiednich punktów pomiarowych.

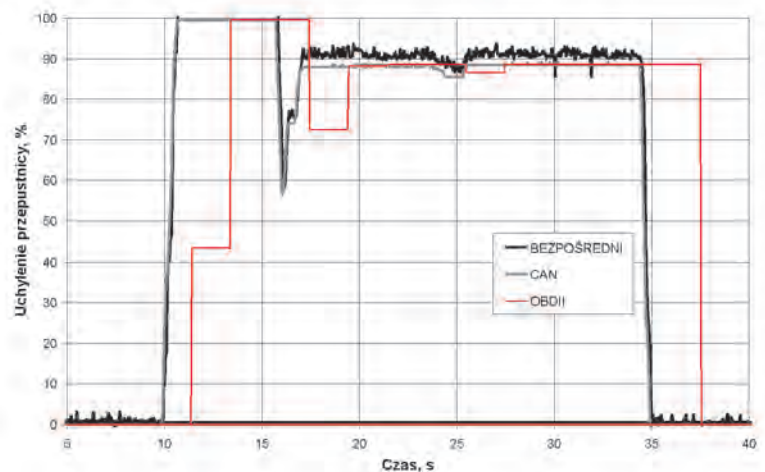


Fig. 4. Throttle opening profile of the on-road test

Rys. 4. Profil uchylenia przepustnicy podczas testu drogowego

Różnice między wskazaniami wartości uchylenia przepustnicy (rys. 4) są niewielkie w przypadku drugiej i trzeciej metody. Natomiast metoda pomiaru oparta na systemie OBD II charakteryzuje się nieciągłością (schodkowy przebieg) oraz opóźnieniem czasowym.

Największe możliwości, w zakresie swobody wyboru parametru i ilości transmitowanych, przedstawiała metoda oparta na rejestracji informacji przepływających pomiędzy sterownikami pokładowej sieci transmisji danych CAN BUS.

Różnorodność producentów pojazdów oraz stosowanych układów, z których zbudowano pokładową sieć transmisji danych CAN powoduje, że pomimo standaryzacji różnią się one szczegółami wykonania i nie są w pełni kompatybilne. Dotyczy to zarówno fizycznej strony transmisji danych, tj. poziomu napięcia, formowania ramki transmisji, struktury sieci czy użytego układu nadajnik/odbiornik (ang. *transceiver*), jak i strony informatycznej. Pomimo obszernych dokumentacji serwisowych informacje na temat protokołów transmisji używanych w magistralach CAN są lakoniczne lub pobieżne [10]. Szczegółowo są opisane procesy diagnostyczne w oparciu o standard transmisji danych OBD II. Natomiast dostęp bezpośrednio do parametrów magistrali danych jest utrudniony. Znaczna część producentów samochodów wprowadza magistralę CAN do złącza diagnostycznego OBD

Table 1. The method of connection of SYS-TEC interface to a vehicle

Tabela 1. Sposób podłączenia interfejsu SYS-TEC do samochodu

Make/Type/marka/typ	Fuel type/typ paliwa	UPN	Method of connection/sposób podłączenia
Hyundai i35	gasoline/benzyna	manual/manualny	OBD II socket/gniazdo
Hyundai i10	gasoline	manual	OBD II socket
Seat Exeo 2.0 TSI	gasoline	manual	OBD II socket
Seat Ibiza 1.4 MPI	gasoline	manual	CAN bus directly/bezpośrednia magistrala
Citroen C5	gasoline	automatic	CAN bus directly
Citroen C6	diesel	manual	OBD II socket
Mercedes B180	diesel	manual	CAN bus directly
Fiat Punto II	gasoline	automatic	CAN bus directly
Fiat Stillo	diesel	manual	OBD II socket
VW Golf	gasoline	manual	CAN bus directly

II na piny 6 i 14, jednak bezpośredni dostęp do parametrów magistrali mimo to często jest niemożliwy. W wielu przypadkach parametry są przekazywane przez odpowiedni sterownik magistrali CAN, który współpracuje z układem diagnostycznym OBD II i przekazuje odpowiednie przygotowane dane w tym standardzie.

Ogólnie można wyróżnić kilka sposobów komunikacji pomiędzy

factured by the company, data will be transmitted to the reader via OBD II standard.

However, it is also possible to read data transmitted from CAN bus by connecting directly with the bus line creating another junction point of the network. Reading of data from CAN bus has a lot of strong points. The most important strong point in terms of the analysis of operating parameters of the engine is transmission in real time below 10 s, which is several dozen times faster compared with readouts in OBD II standard. A device manufactured by SYS-TEC was used for recording of parameters from CAN bus. The device is used by the Chair of Road and Agricultural Vehicles of Opole University of Technology.

Due to diversification of vehicles, Table 1 presents a method of connection of SYS-TEC.

It is difficult to identify the data transmitted in this type of measurement, i.e. separate a protocol of transmission of data field and, subsequently, decode the same. It should be emphasized that data fields transmitted via CAN bus are different for different makes and they change even within one make, which depends on the version and equipment of a given model. Both identification device of the controller as well as scope of data transmitted are subject to change. For example, inclination of the throttle in Seat Ibiza 1.4 MPI is at the address of 280h (hexagonally) on byte 4 and it is at the same address in Seat Exeo 2.0 TSI, whereas in Citroen C5, this information is at the address of 208h, byte 6.

Testing of the process of acceleration with fourth gear used (Fig. 5) and maximum intensity is characteristic of a passing power test. The acceleration was realized from the engine speed of 1500 rev./min. and in the initial phase (approx. 22 s) we may observe considerable growth of fuel consumption. Despite maintaining of the throttle opening in the maximum position, fuel consumption was growing more slowly up to the engine speed of 5000 rev./min., i.e. up to the speed characteristic of maximum power.

sterownikami sieci CAN a urządzeniami zewnętrznymi odczytującymi dane przez złącze OBD II:

- bezpośredni kodowany, wówczas dostęp do magistrali CAN mają tylko urządzenia oprogramowane przez zaplecze techniczne dla danej marki,
- bezpośredni otwarty, wówczas w gnieździe diagnostycznym są wyprowadzone węzły sieci CAN,
- pośredni za pomocą standardu OBD II. Jeśli sterownik magistrali CAN stwierdzi, że urządzenie diagnostyczne nie jest firmowe, to dane do czytnika będą przekazane przez standard OBD II.

Jednak można również odczytać transmisje z magistrali CAN przez bezpośrednie podłączenie się do linii magistrali, tworząc następny punkt węzłowy sieci. Odczyt danych z magistrali CAN ma wiele zalet, spośród których najistotniejszą z punktu widzenia analizy parametrów pracy silnika jest transmisja w czasie rzeczywistym z czasem poniżej 10 ms, co jest kilkadziesiąt razy szybciej w porównaniu z odczytem w standardzie OBD II. Do rejestracji parametrów z magistrali CAN wykorzystano urządzenie firmy SYS-TEC,

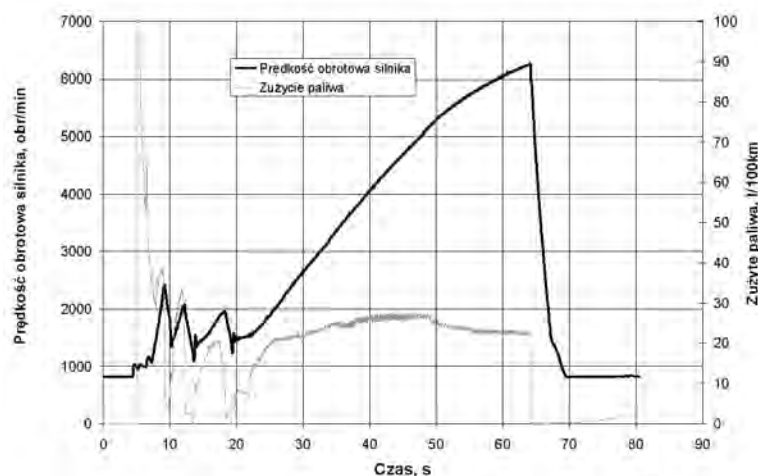


Fig. 5. The change of consumption of fuel and the engine speed during acceleration of Seat Exeo 2.0 TSI

Rys. 5. Zmiany zużycia paliwa i prędkości obrotowej silnika podczas przyspieszania samochodu Seat Exeo 2.0 TSI

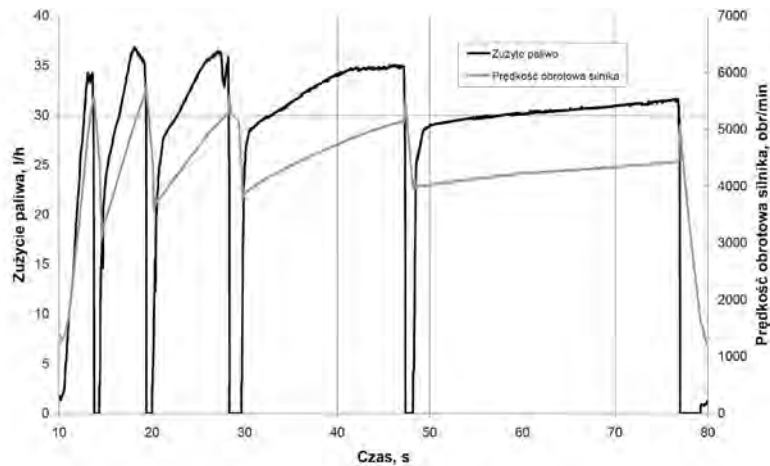


Fig. 6. The change of consumption of fuel and the engine speed during acceleration of Seat Ibiza 1.4 MPI

Rys. 6. Zmiany zużycia paliwa i prędkości obrotowej silnika podczas przyspieszania samochodu Seat Ibiza 1.4 MPI

In the case of acceleration of a vehicle (Fig. 6) using gears of maximum acceleration intensity, the throttle opening is set to maximum intensity and the value of the fuel consumed in time depends on the engine speed (Fig. 7).

Fuel consumption in time using of individual gears is directly proportional to the engine speed.

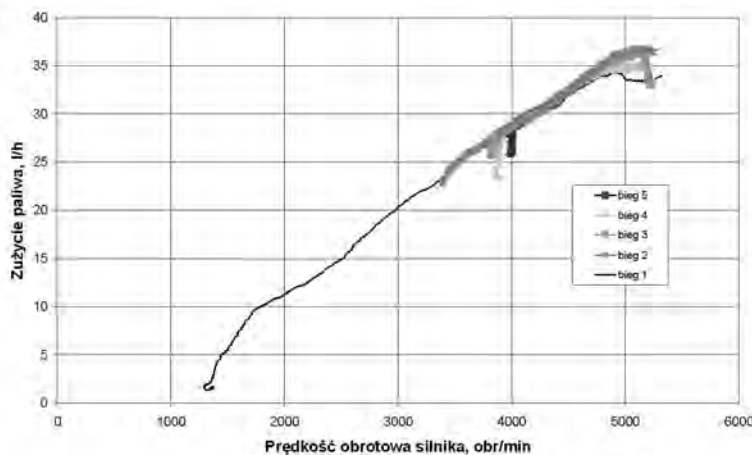


Fig. 7. The change of consumption of fuel as a function of the engine speed during acceleration of Seat Ibiza 1.4 MPI

Rys. 7. Zmiany zużycia paliwa w funkcji prędkości obrotowej silnika podczas przyspieszania samochodu Seat Ibiza 1.4 MPI

It results from the above charts that the measurement of the operating parameters of the engine from data transmission network and CAN BUS makes it possible to analyze the parameters in dynamic conditions.

5. Conclusions

It results from the operating parameters of the engine in real (dynamic) conditions on the road that it is possible to record the parameters from the data transmission network and CAN BUS and this method of recording has a lot of

które znajduje się na wyposażeniu Katedry Pojazdów Drogowych i Rolniczych Politechniki Opolskiej.

Z uwagi na zróżnicowanie samochodów w tabeli 1 przedstawiono sposób podłączenia urządzenia SYS-TEC.

Trudnością w tego typu pomiarze jest identyfikacja przesyłanych danych, tj. wyseparowanie z protokołu transmisji pola danych, a następnie jego dekodowanie. Należy podkreślić, iż pola danych przesyłane magistralą CAN są różne dla różnych marek, a nawet w obrębie jednej marki pola te też ulegają zmianie, a uzależnione jest to od wersji i wyposażenia danego modelu. Zmianie podlega zarówno identyfikator sterownika, jak również zakres przesyłanych danych. Dla przykładu uchylenie przepustnicy w samochodzie Seat Ibiza 1.4 MPI jest na adresie 280h (heksagonalnie) na bajcie 4, na tym samym adresie jest w samochodzie Seat Exeo 2.0 TSI, natomiast w samochodzie Citroen C5 jest ta informacja na adresie 208h na bajcie 6.

Badanie procesu przyspieszania na biegu czwartym (rys. 5), z maksymalną intensywnością, jest charakterystyczne dla próby elastyczności. Rozpędzanie realizowano od prędkości obrotowej silnika 1500 obr/min i w początkowej fazie (ok. 22 s) zaobserwować można znaczący wzrost zużycia paliwa. Mimo utrzymywania uchylenia przepustnicy w położeniu maksymalnym (100% otwarcie), zużycie paliwa narasta wolniej do prędkości obrotowej silnika 5000 obr/min, a więc do prędkości charakterystycznej dla mocy maksymalnej

W sytuacji przyspieszania samochodu (rys. 6) przez biegi z maksymalną intensywnością, uchylenie przepustnicy jest ustawione na maksymalną intensywność, a wartość zużytego paliwa w czasie jest uzależniona od prędkości obrotowej silnika (rys. 7).

Czasowe zużycie paliwa na poszczególnych biegach jest wprost proporcjonalne do prędkości obrotowej silnika.

Z przedstawionych wykresów wynika, że pomiar parametrów pracy silnika z sieci transmisji danych, magistrali CAN BUS, w stanach dynamicznych pozwala na przeprowadzenie ich analizy.

5. Wnioski

Z pomiarów parametrów pracy silnika w rzeczywistych (dynamicznych) warunkach ruchu wynika, że rejestracja tych parametrów z sieci transmisji danych, magistrali CAN BUS, jest możliwa, a metoda rejestracji ma wiele zalet. Jako najważniejsze należy wymienić: rejestrację parametrów pracy silnika w czasie rzeczywistym, dostępność do wielu parametrów jednocześnie oraz uniwersalność. Tę metodę rejestracji można stosować w różnych samochodach, bez konieczności montażu dodatkowych urządzeń czy kosztow-

strong points. Most significant strong points include the recording of operating parameters of the engine in real time, availability of numerous parameters at the same time and versatility of the parameters. This method of recording may be used in various vehicles without the need of developing additional equipment or expensive apparatuses and the recorded parameters are characterized by good signal dynamics, which makes it possible to analyze them freely. However, recording of operating parameters of the engine from OBD II diagnostic networks is burdened with a considerable delay and phase shift of the recorded parameters as well as limited speed of recording 1.

The main weak point of the method is the lack of detailed protocols of transmission of CAN BUS.

The study was delivered as part of the project funded by the National Center of Research and Development in the years 2009-2012 as a development project No. N R10 0059 06.

Paper reviewed

nej aparatury, a rejestrowane parametry odznaczają się dobrą dynamiką sygnału, co pozwala na swobodną ich analizę. Natomiast rejestracja parametrów pracy silnika z sieci diagnostycznych OBD II jest obciążona znacznym opóźnieniem i przesunięciem fazowym rejestrowanych parametrów przy ograniczonej ich prędkości zapisu.

Główną wadą jest brak dostatecznie opisanych szczegółowych protokołów transmisji magistrali CAN BUS.

Praca została wykonana w ramach projektu sfinansowanego z funduszu Narodowego Centrum Badań i Rozwoju w latach 2009-2012 jako projekt rozwojowy o numerze N R10 0059 06.

Nomenclature/Skróty i oznaczenia

F_n	driving force/siła napędowa, N
F_b	inertia force/siła bezwładności, N
F_t	rolling resistance force/siła oporu toczenia N
M_o	torque/moment obrotowy, N·m
i_c	total transmission/przełożenie całkowite
r_d	dynamic radius/promień dynamiczny, m
η_{UN}	efficiency of the powertrain/sprawność układu napędowego
PAAF	Power Acceleration And Force/moc, przyspieszenie i siła

Bibliography/Literatura

- [1] Deneville C., Streib H.M.: Electronic throttle control: contribution in engine management systems, 5th International Congress EAEC, Strasbourg 1995, nr SIA 9506A29.
- [2] Gerhardt J., Benninger N., Heb W.: Torque-based system structure of an electronic engine management system (ME7) as a new base for drivetrain systems, FISITA'98, 1998, nr F98T624.
- [3] Jantos J., Brol S., Mamala J.: Problems in assessing road vehicle drivability parameters determined with the aid of accelerometer, SAE 2007 Word Congress, April 6–19 2007, USA, Detroit, Vehicle Diagnostic SP-2137, nr 2007-01-1473.
- [4] Kwark J., Jeon CH., Changy Y.: A Study on the Analysis and Evaluation of Transient Performance in MPI gasoline Engine, FISITA World Automotive Congress Seoul, Korea 2000.
- [5] Malewicz K., Prokop S., Mamala J.: Modelowanie charakterystyki eksploatacyjnej silnika o zapłonie iskrowym, Journal of Kones Powertrain and Transport, European Science Society of Powertrain and Transport Publication, Warszawa 2006, Vol. 13, No. 1.
- [6] Mamala J., Brol S., Jantos J.: The estimation of the engine power with use of an accelerometer, SAE 2010 Word Congress, USA 2010, Detroit, SAE paper nr 2010-01-0929.
- [7] Mamala J., Jantos J., Brol S., Korniak J.: Diagnostics of the Drivetrain in a Passenger Car, Proceedings of the 10th International Symposium on Advanced Vehicle Control, AVEC2010 in Loughborough UK.
- [8] Miałkowski P., Wendeker M.: Analiza i synteza prędkości kątowej wału korbowego tłokowego silnika spalinowego. Politechnika Lubelska, IV Międzynarodowa Konferencja „Badania symulacyjne w technice samochodowej”, Kazimierz Dolny 1993.
- [9] Siłka W.: Teoria ruchu samochodu, WNT, Warszawa 2002, s. 183.
- [10] Merkisz J., Mazurek S., Pielecha J.: Pokładowe urządzenia rejestrujące w samochodach, Wydawnictwo Politechniki Poznańskiej, Poznań 2007.

Jerzy Jantos, DSc, DEng. – Professor in the Faculty of Mechanical Engineering at Opole University of Technology.

Dr hab. inż. Jerzy Jantos, Prof. PO – profesor na Wydziale Mechanicznym Politechniki Opolskiej.
e-mail: j.jantos@po.opole.pl



Jarosław Mamala, DEng. – doctor in the Faculty of Mechanical Engineering at Opole University of Technology.

Dr inż. Jarosław Mamala – adiunkt na Wydziale Mechanicznym Politechniki Opolskiej.
e-mail: j.mamala@po.opole.pl



Sebastian Brol, DEng. – Assistant Professor of Mechanical Engineering at Opole University of Technology.

Dr inż. Sebastian Brol – adiunkt na Wydziale Mechanicznym Politechniki Opolskiej.
e-mail: s.brol@po.opole.pl



Global trends in motor vehicle pollution control: a 2011 update Part 2

6. A Comprehensive Vehicle Pollution Control Strategy

Reducing the pollution that comes from vehicles will usually require a comprehensive strategy. Generally, the goal of a motor vehicle pollution control program is to reduce emissions from motor vehicles in-use to the degree reasonably necessary to achieve healthy air quality as rapidly as possible or, failing that for reasons of impracticality, to the practical limits of effective technological, economic, and social feasibility. A comprehensive strategy to achieve this goal includes four key components: increasingly stringent emissions standards for new vehicles, specifications for clean fuels, programs to assure proper maintenance of in-use vehicles, and transportation planning and demand management. These emission reduction goals should be achieved in the most cost effective manner available.

7. Emissions Reduction Progress to Date

In almost every corner of the world, for every type of road vehicle and fuel, there is a clear trend toward more and more stringent emissions requirements. Over the next decade, this pattern is moving toward similar controls on off road vehicles and fuels. Driving these trends are several factors:

- Continued growth in the number of vehicles (especially in China, India and other parts of Asia and Brazil) and their concentration in urban areas where pollution levels remain unacceptably high,
- The growing accumulation of health studies that show adverse impacts at lower and lower levels and in the case of PM at virtually any level, and
- Advances in vehicle technology and clean fuels that are making it possible to achieve lower and lower emissions levels at reasonable costs.

One of the critically important lessons learned to date is that clean vehicles and high quality fuels go hand in hand; they must be treated as a system. Over approximately the last twenty years, extensive studies have been carried out to better establish the linkages between fuels, vehicles, and vehicle emissions. One major study, the Auto/Oil Air Quality Improvement Research Program (AQIRP) was established in 1989 in the US and involved 14 oil companies, three domestic automakers, and four associate members [1]. In 1992, the European Commission also initiated a vehicle emissions and air quality program. The motor industry (represented by Association des Constructeurs Européens d'Automobiles (European Automobile Manufacturers Association (ACEA)) and the oil industry (European Petroleum Industry Association (EUROPIA)) were invited to cooperate within a framework program, later known as "the tripartite activity" or European Auto/Oil Program. In June 1993, a contract was signed by the two industries to undertake a common

test program, called the European Program on Emissions, Fuels, and Engine Technologies (EPEFE).

The Japan Clean Air Program (JCAP) was conducted by the Petroleum Energy Center as a joint research program of the automobile industry (as fuel users) and the petroleum industry (as fuel producers), supported by the Ministry of Economy, Trade and Industry. The program consisted of two stages: the first stage called JCAP I commenced in FY 1997 and terminated in FY 2001; the second called JCAP II commenced in FY 2002 and continued until 2007 to provide a further development of the research activities of JCAP I. In JCAP II, studies focused on future automobile and fuel technologies aimed at realizing Zero Emissions while at the same time improving fuel consumption.

A summary of the advances in vehicle technologies over recent decades and the linkages with fuel quality is provided below.

A. Diesel Vehicles and Fuels

Diesel engines emit more nitrogen oxides (NO_x) and particulate matter (PM) than equivalent gasoline engines per mile driven. Reducing PM emissions tends to be the higher priority because ambient PM levels are often above WHO recommended levels and are responsible for hundreds of thousands of premature deaths each year. Diesel particulate (soot) is thought to be particularly hazardous and has been characterized as toxic or potentially toxic by the California Air Resources Board, EPA, the International Agency for Research on Cancer (IARC) the National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH) and others. NO_x emissions are also important, however, since they cause or contribute to ambient nitrogen dioxide, ozone, and secondary PM (nitrates)¹⁾.

Modest to significant NO_x control from diesel engines can be achieved by delaying fuel injection timing and adding exhaust gas recirculation (EGR). Very high pressure, computer controlled fuel injection can also be timed to reduce PM emissions. (Modifying engine parameters to simultaneously reduce both NO_x and PM is difficult and limited since the optimal settings for one pollutant frequently increases emissions of the other.) To attain very low levels of NO_x and PM therefore requires exhaust treatment. Lean NO_x catalysts, selective catalytic reduction, NO_x storage traps with periodic reduction, PM filter traps with periodic burn-off, and oxidation catalysts with continuous burn-off are technologies

¹⁾ Certain pollutants which are emitted from vehicles as gases undergo transformation in the atmosphere and are converted into particles. For example, some of the gaseous nitrogen oxides (NO_x) emitted from vehicles chemically react with other gases and are converted into nitrates which contribute to urban PM air quality levels. Nitrates can account for as much as 20-30% of ambient PM in the US (although that fraction varies regionally).

that are being phased in at differing rates in various parts of the world. A new type of diesel, the homogeneous charge compression ignition engine, provides another approach to reducing NO_x and particulates that is receiving significant attention and is already being introduced on some engines for at least portions of the engine map.

Diesel fuel is a complex mixture of hydrocarbons with the main groups being paraffins, naphthenes and aromatics. Organic sulfur is also naturally present at varying levels depending on the source of the crude oil. Additives are generally used to influence properties such as the flow, storage, and combustion characteristics of diesel fuel. The actual properties of commercial motor vehicle diesel depend on the refining practices employed and the nature of the crude oils from which the fuel is produced. The quality and composition of diesel fuel can significantly influence emissions from diesel engines.

To reduce PM and NO_x emissions from a diesel engine, the most important fuel characteristic is sulfur because sulfur contributes directly to PM emissions and high sulfur levels precludes the use of or impairs the performance of the most effective PM and NO_x control technologies. For the control of PM, most new vehicles in Japan and the US and a growing fraction in Europe are equipped with filters or traps which reduce over 90% of the particles. NO_x adsorbers and Selective Catalytic Reduction systems are also starting to be introduced; NO_x adsorbers are especially sensitive to sulfur levels in the fuel.

Sulfur occurs naturally in crude oil, and the sulfur content of diesel fuel depends on both the source of the crude oil and the refining process.

The contribution of the sulfur content of diesel fuel to exhaust particulate emissions has been well established with a general linear relationship between fuel sulfur levels and this regulated emission. Shown below (Fig. 6) is one estimate of this relationship provided by the US EPA. (This figure shows only the sulfur-related PM and not the total PM emitted from a diesel engine.) An indirect relationship also exists as some emissions of sulfur dioxide will eventu-

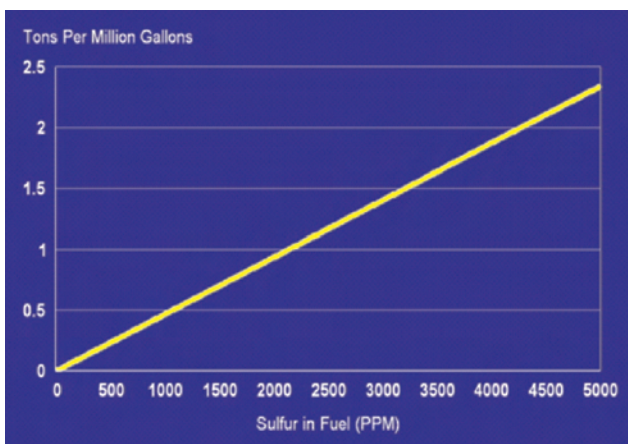


Fig. 6. Tons of directly emitted PM from diesel fuels sulfur
Notes: PPM = parts per million. Only particulate matter (PM) related to sulfur and not the total PM emitted from a diesel engine are reflected in this figure

ally be converted in the atmosphere to sulfate $\text{PM}^{2.5}$. Only a small fraction of the diesel fuel sulfur (1-2%) is converted to sulfate emissions in the exhaust with the remaining 98-99% emitted as gaseous SO_2 ; a substantial fraction of the SO_2 is lost to deposition with the remainder gradually converted in the atmosphere to sulfate PM.

Light duty diesel engines (< 3.5 tons gross vehicle weight (GVW)) generally require oxidation catalysts to comply with Euro 2 or more stringent vehicle emission standards. Oxidation catalysts lower hydrocarbons, carbon monoxide, and particle emissions, typically removing around 30% of total particle mass emissions through oxidation of a large proportion of the soluble organic fraction. The conversion of sulfur in the catalyst reduces the availability of active sites on the catalyst surface and therefore reduces catalyst effectiveness. This catalyst deactivation is reversible through high temperature exposure – the sulfur compounds decompose and are released from the catalyst wash coat. However, due to generally low diesel exhaust temperatures, in many diesel engine applications the conditions needed for full catalyst regeneration may rarely be reached. High sulfur content in the fuel can also lead to the formation of sulfates in the converter which are then emitted as additional particles. Therefore it is important to match fuel sulfur levels to the after-treatment technology present in the vehicle fleet.

To enable compliance with tighter particle emission standards for diesel vehicles, tighter limits on the maximum sulfur content of diesel fuel have been, or are being, introduced in many countries. While substantial reductions in particle emissions can be obtained without reducing sulfur levels, compliance with Euro 2 or tighter vehicle emission standards is generally not possible when fuel sulfur levels are greater than 500 ppm because of the relatively greater proportion of sulfates in the total mass of particle emissions.

In the case of Euro 3 and Euro 4 vehicle emission standards, even lower sulfur levels (350 ppm and 50 ppm, respectively) in diesel fuel will be required to ensure compliance with the standards. Complying with Euro 5 and 6 requirements or US Tier 2 standards will require maximum sulfur levels as low as 10-15 PPM. Apart from contributing to the effective operation of catalysts and reducing particle emissions, these further reductions in sulfur levels will enable tighter emission standards to be met by the use of next generation “de- NO_x ” catalysts, especially NO_x adsorber systems. These are currently extremely sensitive to sulfur. An alternative emission control technology for Euro 5 or cleaner diesel vehicles is Selective Catalytic Reduction (SCR). These systems are not particularly sensitive to sulfur levels in fuel.

Sulfur content is also known to have an effect on engine wear and deposits, particularly under low temperature, intermittent operating conditions. Under these conditions there is more moisture condensation, which combines with sulfur compounds to form acids and results in corrosion and excessive engine wear. Generally lower sulfur levels

²⁾ Similar to the secondary transformation of NO_x to nitrate discussed earlier.

lessen engine wear. With Euro 4+ or equivalent emission standards, the role of engine oil will also be important in ensuring sustained performance of engines/tail pipe devices. Low sulfur levels also allow the use of extended oil-change intervals reducing operating costs.

Diesel fuel has natural lubricity properties from compounds including the heavier hydrocarbons and organo-sulfur. Diesel fuel pumps (especially rotary injection pumps in light duty vehicles), without an external lubrication system, rely on the lubricating properties of the fuel to ensure proper operation. Refining processes to remove sulfur and aromatics from diesel fuel tend to also reduce the components that provide natural lubricity. In addition to excessive pump wear and, in some cases, engine failure, certain modes of deterioration in the injection system could also affect the combustion process, and hence emissions. Additives are available to improve lubricity with very low sulfur fuels and should be used with any fuels with 500-ppm sulfur or less. A brief summary of the impact of various diesel fuel parameters on diesel vehicle emissions is provided in Tables 2 and 3.

In summary, from the standpoint of emission control technology, the most important diesel parameter is the sulfur content of the fuel, mainly since it allows for better after-treatment control technologies. Once standards sufficiently stringent to require oxidation catalysts are introduced, the sulfur content should be reduced to a maximum of 500 ppm; for the most advanced NO_x and PM controls, the maximum should be 10-15 ppm sulfur. If sulfur levels are higher than these levels, the optimal performance of the pollution control systems will not be achieved and the in-use emissions will likely exceed standards. For cleaner vehicles, depending on the technology selected by the vehicle manufacturer, permanent damage could occur from the use of higher sulfur fuels.

B. Gasoline Vehicles and Fuels

Gasoline is a complex mixture of volatile hydrocarbons used as a fuel in internal combustion engines. The pollutants of greatest concern from gasoline-fueled vehicles with regard to urban and regional pollution are CO, HC, NO_x, lead and

Table 2. Impact of Fuels on Light Duty Diesel Vehicles

Diesel Fuel characteristic	Pre-Euro	Euro 1	Euro 2	Euro 3	Euro 4	Euro 5/6 ³⁾	Comments
Sulfur↑	SO ₂ , PM↑		If oxidation catalyst is used, SO ₃ , SO ₂ , PM↑		If Filter, 50 ppm maximum, 10-15 ppm better		If NO _x adsorber used requires near zero sulfur (<10 ppm) With low S, use lubricity additives
Cetane↑	Lower CO, HC, benzene, 1,3 butadiene, formaldehyde & acetaldehyde						Higher white smoke with low cetane fuels
Density↓	PM, HC, CO, formaldehyde, acetaldehyde & benzene↓, NO _x ↑						
Volatility (T95 from 370 to 325 C)	NO _x , HC increase, PM, CO decrease						
Polyaromatics↓	NO _x , PM, formaldehyde & acetaldehyde↓ but HC, benzene & CO ↑						some studies show that total aromatics are important for emissions in a manner similar to polyaromatics

Notes: CO = carbon monoxide; HC = hydrocarbon; NO_x = oxides of nitrogen, PM = particulate matter; ppm = parts per million; SO₂ = sulfur dioxide; SO₃ or sulfur trioxide is an intermediate compound.

Table 3. Impact of Fuels on Heavy Duty Diesel Vehicles

Diesel	Pre-Euro	Euro 1	Euro 2	Euro 3	Euro 4	Euro 5 ⁴⁾	Comments
Sulfur↑	SO ₂ , PM↑		If oxidation catalyst is used, SO ₃ , SO ₂ , PM↑		If Filter, 50 ppm maximum, 10-15 ppm better		If NO _x adsorber used requires near zero sulfur (< 10 ppm) With low S, use lubricity additives
Cetane↑	Lower CO, HC, benzene, 1,3-butadiene, formaldehyde & acetaldehyde						Higher white smoke with low cetane fuels
Density↓	HC, CO ↑, NO _x ↓						
Volatility (T95 from 370 to 325 C)	Slightly lower NO _x but increased HC						Too large a fraction of fuel that does not volatilize at 370 C increases smoke and PM
Polyaromatics↓	NO _x , PM, HC ↓						Some studies show that total aromatics are important

Notes: CO = carbon monoxide; HC = hydrocarbon; NO_x = oxides of nitrogen, PM = particulate matter; ppm = parts per million; S = sulfur; SO₂ = sulfur dioxide; SO₃ or sulfur trioxide is an intermediate compound.

³⁾ Euro 5 emissions standards for light duty diesel vehicles have been adopted by the EU for implementation in 2010; Euro 6 limits were also adopted for 2015 implementation. Both Euro 5 and Euro 6 standards are expected to mandate the use of PM filters on all light duty diesel vehicles.

⁴⁾ The EU Commission has also adopted Euro 6 emissions standards for heavy duty engines, likely mandating the use of PM filters on all heavy duty diesel vehicles from 2013 or 2014.

certain toxic hydrocarbons such as benzene⁵⁾. Each of these can be influenced by the composition of the gasoline used by the vehicle.

The use of catalyst exhaust gas treatment required the elimination of lead from gasoline. This change, which started in the US and Japan during the 1970's and has now occurred throughout most of the world, has resulted in a dramatic reduction of ambient lead levels. Other gasoline properties that can be adjusted to reduce emissions include, roughly in order of effectiveness, sulfur level, vapor pressure, distillation characteristics, light olefin content, and aromatic content [7].

Modern gasoline engines use computer-controlled intake port fuel injection with feedback control based on an oxygen sensor to meter precisely the quantity and timing of fuel delivered to the engine. Control of in-cylinder mixing and use of high-energy ignition promote nearly complete combustion. The three-way catalyst provides greater than 90% reduction of carbon monoxide, hydrocarbons, and oxides of nitrogen. Designs for rapid warm-up minimize cold-start emissions. On-board diagnostic (OBD) systems sense emissions systems performance and identify component failures. Durability in excess of 160,000 km, with minimal maintenance, is now common in many countries.

Lead

Lead additives have been blended with gasoline, primarily to boost octane levels, since the 1920s [6]. Lead is not a natural constituent of gasoline, and is added during the refining process as either tetramethyl lead or tetraethyl lead.

Vehicles using leaded gasoline cannot use a catalytic converter because lead poisons the catalyst, and therefore have much higher levels of CO, HC, and NO_x emissions. In addition, lead itself is toxic. Lead has long been recognized as posing a serious health risk. It is absorbed after being inhaled or ingested, and can result in a wide range of biological effects depending on the level and duration of exposure. Children, especially under the age of 4, are more susceptible to the adverse effects of lead exposure than adults.

Almost every country in the world has eliminated the use of leaded gasoline; the latest estimate is that less than 10 countries continue to add lead.

Sulfur

Sulfur occurs naturally in crude oil. Its level in refined gasoline depends upon the source of the crude oil used and the extent to which the sulfur is removed during the refining process.

Sulfur in gasoline reduces the efficiency of catalysts designed to limit vehicle emissions and adversely affects

heated exhaust-gas oxygen sensors. High sulfur gasoline is a barrier to the introduction of new lean burn technologies using DeNO_x catalysts, while low sulfur gasoline will enable new and future conventional vehicle technologies to realize their full benefits. If sulfur levels are lowered, existing vehicles equipped with catalysts will generally have improved emissions.

Laboratory testing of catalysts has demonstrated reductions in efficiency resulting from higher sulfur levels across a full range of air/fuel ratios. The effect is greater in percentage for low-emission vehicles than for traditional vehicles. Studies have also shown that sulfur adversely affects heated exhaust-gas oxygen sensors; slows the lean-to-rich transition, thereby introducing an unintended rich bias into the emission calibration; and may affect the durability of advanced on-board diagnostic (OBD) systems.

The European Programme on Emissions, Fuels and Engine Technologies (EPEFE) study demonstrated the relationship between reduced gasoline sulfur levels and reductions in vehicle emissions. It found that reducing sulfur reduced exhaust emissions of HC, CO and NO_x (the effects were generally linear at around 8-10% reductions as fuel sulfur is reduced from 382 ppm to 18 ppm)⁶⁾. The study results confirmed that fuel sulfur affects catalyst efficiency with the greatest effect being in the warmed up mode. In the case of air toxins, benzene and C3-12 alkanes were in line with overall hydrocarbon reductions, with larger reductions (around 18%) for methane and ethane.

The combustion of sulfur produces sulfur dioxide (SO₂), an acidic irritant that also leads to acid rain and the formation of sulfate particulate matter.

Certain other additives which are put into gasoline [generally to increase octane] can also affect vehicle emissions. Metallic-based, ash-forming, octane-enhancing additives such as Methylcyclopentadienyl manganese tricarbonyl (MMT) and ferrocene when added to gasoline will increase manganese-oxide and iron oxide emissions respectively from all categories of vehicles. Because of health concerns, participants in a workshop convened by the Scientific Committee on Neurotoxicology and Psychophysiology and Toxicology of Metals of the International Commission on Occupational Health recently published their conclusion that, "The addition of organic manganese compounds to gasoline should be halted immediately in all nations" [3]. The Health Effects Institute noted, "There is a large body of evidence that (1) under certain circumstances, manganese can accumulate in the brain [2, 4], (2) chronic exposure can cause irreversible neurotoxic damage over a lifetime of exposure, (3) manganese may cause neurobehavioral effects at relatively low doses [5], and (4) these effects follow inhalation of manganese-containing particles.

Vehicle manufacturers have expressed concerns regarding catalyst plugging and oxygen sensor damage with the use of these metallic additives which could lead to higher

⁵⁾ PM emissions from gasoline-fueled vehicles have traditionally not been regulated because their emissions are so much lower per mile driven than from diesel vehicles. However, it is now recognized that in many countries and cities where the gasoline vehicle population is much larger than the diesel population, they are a more important source. Also, health studies continue to point to lower and lower levels of ambient PM being acceptable from a public health standpoint. As a result, PM standards from gasoline-fueled vehicles may emerge.

⁶⁾ The study found that the effects tended to be larger over higher speed driving than in low speed driving.

in-use vehicle emissions especially at higher mileage. The impact seems greatest with vehicles meeting tight emissions standards and using high cell density catalyst substrates.

The Table 4 summarizes the impacts of various gasoline fuel qualities on emissions from light duty gasoline vehicles.

alone is doomed to failure; conversely, a program designed to improve fuel quality alone also will not be successful.

Reformulated diesel fuels can reduce particulate emissions from all diesel vehicles, as discussed earlier. [Approximately 70-80% of diesel PM is composed of elemental/black carbon. Gasoline PM contains only about 25% elemental/

Table 4. Impact of Gasoline Composition on Emissions from Light Duty Vehicles

Gasoline	No Catalyst	Euro 1	Euro 2	Euro 3	Euro 4	Euro 5/6/7)	Comments
Lead ↑	Pb, HC↑	CO, HC, NO _x all increase dramatically as catalyst destroyed					Lead is banned in China since 2000
Sulfur ↑ (50 to 450 ppm)	SO ₂ ↑	CO, HC, NO _x all increase ~15-20% SO ₂ and SO ₃ increase					Onboard Diagnostic light may come on incorrectly
Olefins ↑	Increased 1,3 butadiene, increased HC reactivity, NO _x , small increases in HC for Euro 3 and cleaner						Potential deposit buildup
Aromatics ↑	Increased benzene in exhaust						Deposits on intake valves and combustion chamber tend to increase
	Potential increases in HC, NO _x	HC ↑, NO _x ↓, CO ↑		HC, NO _x , CO ↑			
Benzene ↑	Increased benzene exhaust and evaporative emissions						
Ethanol ↑ up to 3.5% O ₂	Lower CO, HC, slight NO _x increase (when above 2% oxygen content), Higher aldehydes	Minimal effect with new vehicles equipped with oxygen sensors, adaptive learning systems					Increased evaporative emissions unless RVP adjusted, potential effects on fuel system components, potential deposit issues, small fuel economy penalty
MTBE ↑ up to 2.7% O ₂	Lower CO, HC, higher aldehydes	Minimal effect with new vehicles equipped with oxygen sensors, adaptive learning systems					Concerns over water contamination
Distillation characteristics T50, T90↑	Probably HC ↑	HC ↑					
MMT ↑	Increased Manganese Emissions			Possible Catalyst Plugging	Likely Catalyst Plugging		O ₂ sensor and OBD may be damaged, MIL light may come on incorrectly
RVP ↑	Increased evaporative HC Emissions						Most critical parameter for Asian countries because of high ambient temperatures
Deposit control additives ↑		Potential HC, NO _x emissions benefits					Help to reduce deposits on fuel injectors, carburetors, intake valves, combustion chamber

Notes: CO = carbon monoxide; HC = hydrocarbon; Pb = lead; RVP = Reid vapor pressure; MMT = methylcyclopentadienyl manganese tricarbonyl; MTBE = methyl tert-butyl ether; NO_x = oxides of nitrogen; O₂ = oxygen; SO₂ = sulfur dioxide; T50 = temperature at which 50% of the gasoline distills; T90 = temperature at which 90% of the gasoline distills.

C. Two and Three Wheeled Vehicles

There has been very little study focused on the impacts of specific fuel parameters on motorcycles and scooters. However, based on the limited available data and the combustion similarities between these and other internal combustion engines, these impacts are estimated to be as shown in the Table 5.

Concluding Remarks on Vehicles and Fuels

One of the most important lessons learned in the approximately 50-year history of vehicle pollution control worldwide is that vehicles and fuels must be treated as a system. Improvements in vehicles and fuels must proceed in parallel if significant improvements in vehicle related air pollution are to occur. A program that focuses on vehicles

black carbon. Controls on diesel PM, especially catalyzed PM filters, greatly reduce the elemental carbon both in mass and fraction. For example, a 2007 HDD with a catalyzed PM trap has lower PM with only ~10% as elemental carbon]. Especially low sulfur fuels reduce the sulfate contribution. Certain after-treatment technologies are especially sensitive to the sulfur content of the fuel. Therefore if very stringent control of NO_x and PM was needed, sulfur levels will need to be reduced to 50 ppm or less and Euro 4 vehicle standards introduced. Euro 5 or US Tier 2 standards include a fuel sulfur limit of 10-15 ppm. Technologies to achieve these levels already exist and even more advanced technologies are being introduced for new vehicles.

⁷⁾ Euro 5 emissions standards were adopted for implementation in 2010; Euro 6 was also adopted for 2015 implementation.

Table 5. Impact of Gasoline Composition on Emissions from Motorcycles

Gasoline	No Catalyst	India 2005	Euro 3	India 2008	China Stage 3	Comments
Lead ↑	Pb, HC ↑	CO, HC, NO _x all increase dramatically as catalyst destroyed				
Sulfur ↑ (50 to 450 ppm)	SO ₂ ↑	CO, HC, NO _x all increase SO ₂ and SO ₃ increase				
Olefins ↑	Increased 1,3 butadiene, HC reactivity and NO _x				Potential deposit buildup	
Aromatics ↑	Increased benzene exhaust					
Benzene ↑	Increased benzene exhaust and evaporative emissions					
Ethanol ↑ up to 3.5% O ₂	Lower CO, HC, slight NO _x increase	Minimal effect with oxygen sensor equipped vehicles			Increased evaporative emissions unless RVP adjusted, potential effects on fuel system components, potential deposit issues, small fuel economy penalty	
MTBE ↑ up to 2.7% O ₂	Lower CO, HC	Minimal effect with O ₂ sensor equipped vehicles			Concerns over Water Contamination small fuel economy penalty	
Distillation characteristics T50, T90 ↑	Probably HC ↑	HC ↑			Not as quantifiable as in passenger cars	
MMT ↑	Increased manganese emissions	Possible catalyst plugging			With low cell density, catalyst plugging risk seems small but there are concerns regarding deposits on spark plugs and in the combustion chamber	
RVP ↑	Increased evaporative HC Emissions					
Deposit control additives ↑		Potential emissions benefits			Help to reduce deposits on fuel injectors, carburetors	

Notes: CO = carbon monoxide; HC = hydrocarbon; Pb = lead; RVP = Reid vapor pressure; MMT = methylcyclopentadienyl manganese tricarbonyl; MTBE = methyl tert-butyl ether; NO_x = oxides of nitrogen; O₂ = oxygen; SO₂ = sulfur dioxide; T50 = temperature at which 50% of the gasoline distills; T90 = temperature at which 90% of the gasoline distills

With regard to gasoline-fueled vehicles, the use of catalyst exhaust gas treatment requires the elimination of lead from gasoline. This change, which has occurred throughout most of the world, has resulted in a dramatic reduction of ambient lead levels. Other gasoline properties that can be adjusted to reduce emissions include, roughly in order of

effectiveness, sulfur level, vapor pressure, distillation characteristics, light olefin content, and aromatic content [7]. Catalyst technology is emerging for 2-3 wheeled vehicles and therefore lead free and lower sulfur gasoline will be important for these vehicles as well.

Paper reviewed

Bibliography

- [1] Auto/Oil Air Quality Improvement Research Program, Final Report, January 1997.
- [2] Hauser R.A., Zesiewicz T.A., Martinez C., Rosemurgy A.S., Olanow C.W.: (1996) Blood Manganese Correlates with Brain Magnetic Resonance Imaging Changes in Patients with Liver Disease. *Canadian Journal of Neurological Science* 23(2): 95-98.
- [3] Landrigan P., Nordberg M., Lucchini R., Nordberg G., Grandjean P., Iregren A., Alessio L.: The Declaration of Brescia on Prevention of the Neurotoxicity of Metals, *American Journal of Industrial Medicine* (2006).
- [4] Lucchini R., Albini E., Placidi D., Gasparotti R., Pigozzi M.G., Montani G., Alessio L.: (2000) Brain Magnetic Resonance Imaging and Manganese Exposure. *Neurotoxicology* 21(5): 769-75.
- [5] Roels H.A., Ghyselen P., Buchet J.P., Ceulemans E., Lauwerys R.R.: (1992) Assessment of the Permissible Exposure Level to Manganese in Workers Exposed to Manganese Dioxide Dust. *British Journal of Industrial Medicine* 49(1): 25-34.
- [6] Rosner, Markowitz: A 'Gift of God?': The Public Health Controversy over Leaded Gasoline During the 1920's, *American Journal of Public Health*, 1985.
- [7] Sawyer R.F.: Reformulated gasoline for automotive emissions reduction in Twenty-Fourth Symposium (International) on Combustion, 1423-1432, The Combustion Institute, Pittsburgh, Pennsylvania, 1992.

Michael Walsh – International Consultant, Board Chairman, International Council on Clean Transportation, USA.

Michael Walsh – międzynarodowy konsultant, przewodniczący ICCT, USA.

e-mail: mpwalsh@igc.org



Abstracts of papers available on the attached DVD-ROM

Streszczenia artykułów znajdujących się na płycie DVD

Krzysztof MIKSIEWICZ
Andrzej KAŻMIERCZAK
Marek REKSA
Marcin TKACZYK
Radosław WRÓBEL

PTNSS-2011-SC-002

THE COMPARATIVE ANALYSIS OF THE DIESEL AND SPARK-IGNITION (WITH SUPERCHARGER) ENGINES VIBRATIONS

The paper presents the results of tests carried out on two engines: 1.6 105CV CD (diesel engine) and 1.4BZ 120CV CD (spark-ignition engine) installed in new Fiat Bravo (model 198, version 54A) motor cars. The latter engine model (120CV) was equipped with a supercharging system. The investigations consisted in comparing engine vibrations measured in specific and representative points. In order to determine the vertical component vibrations, the measurements were performed via a mirror. A PSV-400 laser Doppler vibrometer made by Polytec was used to measure vibration velocities. The vibrometric system directly measures two quantities: displacement and velocity. In the investigated case, vibration velocity is the variable which supplies better diagnostic information. Vibrations were measured for the car standing on its wheels and for the car jacked up to reduce the influence of the car vibration damping systems on the measurement results. The latter are presented in the form of comparative diagrams. Moreover, the fast Fourier transform was used to determine the frequency distribution. Prior to that the signal was subjected to conditioning operations using parametric windowing and filtering. Interesting conclusions emerge from the obtained results and on their basis the effect of the drive unit on the behaviour of the car body can be assessed for different engine types and rotational speeds. It is shown that the way in which the engine is kind affects the vibrations of the car.

Key words: Laser Doppler Vibrometry, engine's vibrations, vibration velocity, spark-ignition engine, diesel engine

Analiza porównawcza drgań silnika o zapłonie samoczynnym z silnikiem o zapłonie iskrowym (doładowanym)

Artykuł przedstawia wyniki badań przeprowadzonych na dwóch silnikach: 1.6 105CV CD (silnik o zapłonie samoczynnym) oraz 1.4BZ 120CV CD (silnik o zapłonie iskrowym), zainstalowanych w nowych pojazdach samochodowych Fiat Bravo (Model 198, wersja 54A). Drugi z wymienionych silników zaopatrzony był w układ doładowania. Badania polegały na porównaniu drgań generowanych przez silnik w specyficznych, reprezentacyjnych punktach. Dla uzyskania zmiennej pionowej drgań, tor diagnostyczny zaopatrzono w lustro. Do pomiaru prędkości względnej drgań wykorzystano dopplerowską głowicę laserową firmy Polytec, model PSV-400. System ten pozwala na bezpośredni pomiar dwóch zmiennych: prędkości i przemieszczeń. W wypadku prezentowanych metod diagnostycznych prędkość względna niesie lepszą informację pomiarową. Wibracje były mierzone gdy pojazdy stały na kołach oraz gdy zostały podniesione, aby zredukować wpływ drgań podłoża na wyniki badań. Wyniki badań zostały przedstawione wspólnych diagramów, pozwalających na komparację wyników. Ponadto użyto FFT, aby otrzymać widmo częstotliwościowe drgań. Dodatkowo, wykonano dodatkowe operacje cyfrowego kondycjonowania, takie jak okienkowanie parametryczne i filtracja. Na podstawie badań

autorzy prezentują ciekawe wnioski, dotyczące wpływu drgań karoserię pojazdu przy różnych wartościach prędkości obrotowej wału korbowego. Wnioski te wskazują, jaki wpływ ma rodzaj silnika na drgania pojazdu samochodowego.

Słowa kluczowe: Dopplerowska wibrometria laserowa, drgania silnika, prędkość drgań, silnik o zapłonie iskrowym, silnik o zapłonie samoczynnym

Rafał PAWLETKO

PTNSS-2011-SC-003

Stanisław POLANOWSKI

INFLUENCE OF TDC POSITION ERROR AND OFFSET PRESSURE ON THE TOTAL COMPRESSION RATIO DETERMINED WITH THE BASE OF MARINE ENGINE INDICATOR GRAPH

The article presents the research results of TDC position error and offset pressure influence on the value of the total compression ratio determined with the base of marine engine indicator graph. For TDC determination the method based on least-squares approximation with model of thermodynamic compression using a polynomial exponent was applied. Research were done on the laboratory engine Sulzer 3AL25/30 for load range of 100-300 kW and rotational speed 750 rpm, which corresponds to 25-75% nominal load. Specially developed algorithm and program for the automatic determination of TDC was used for the analysis of indicator diagrams. During the calculation three parameters was determined simultaneously: the position of TDC, the total compression ratio and offset pressure. The results of research have shown the essential influence of the tested parameters on total compression ratio.

Key words: indicator graph, total compression ratio, TDC error, offset pressure error

Wpływ błędu położenia GMP oraz offsetu ciśnienia na wartość całkowitego stopnia sprężania wyznaczanego na podstawie wykresu indykatorowego silnika okrętowego

W artykule przedstawiono wyniki badań wpływu błędu określenia górnego martwego położenia tłoka (GMP) oraz błędu ciśnienia początkowego (offset) na wartość całkowitego stopnia sprężania wyznaczonego na podstawie przebiegu wykresu indykatorowego. Do wyznaczania wartości całkowitego stopnia sprężania zastosowano metodę aproksymacji najmniejszych kwadratów na odcinku przedziału sprężania modelem bazującym na wykładniku wielomianowym. Badania przeprowadzono na silniku laboratoryjnym Sulzer 3AL25/30 w zakresie obciążeń 100-300 kW i prędkości obrotowej 750 obr/min, co odpowiada zakresowi 25-75% obciążenia znamionowego. Do analizy wykresów indykatorowych wykorzystano własny, specjalnie opracowany algorytm i program automatycznego wyznaczania GMP. Wyznaczano jednocześnie trzy parametry: położenie GMP, całkowity stopień sprężania i offset ciśnienia. Badania wykazały istotność wpływu badanych parametrów na wartość całkowitego stopnia sprężania.

Słowa kluczowe: wykres indykatorowy, całkowity stopień sprężania, błąd wyznaczania GMP, błąd wyznaczania ciśnienie początkowego

POSSIBILITY OF DEFINING THEORETICAL OPERATION FOR DIESEL ENGINES IN ENERGY TERMS POSSIBILITY OF DETERMINING DIESEL ENGINE THEORETICAL OPERATION IN ENERGY APPROACH

A proposal of evaluation (quantitative determination) of operation of any diesel engine, for example a marine main engine in which energy interactions occur within a specified time. This operation is defined as the energy transfer to a propeller in a fixed time within which the energy is converted and transferred in the form of work or heat. Valuation of operation of main engines installed in marine power plants, proposed by the author of this paper, consists in equating the operation of this type of engines to a physical quantity with the unit of measure joule-second. The concept of theoretical engine operation has been introduced as a model operation which the real operation of engines having various degrees of wear, could be equaled to. It has been shown that calculation of the value of such understood operation needs application of the theoretical work defined on the basis of the ideal Diesel and Sabathe cycles, modified by heat dissipation according to isobaric or isothermal transformation. It has been shown that the commonly known ideal Diesel and Sabathe cycles cannot be applied.

Key words: operation, energy, diesel engine, marine main engine

Możliwość określania działania teoretycznego silników o zapłonie samoczynnym w ujęciu energetycznym

Przedstawiono propozycję wartościowania (ilościowego określenia) działania dowolnego silnika o zapłonie samoczynnym, na przykładzie okrętowego silnika głównego, w którym zachodzą oddziaływania energetyczne w określonym czasie. Działanie to rozumiane jest jako przekazywanie energii śrubie napędowej w ustalonym czasie, w którym zachodzi przetwarzanie i przenoszenie energii w formie pracy bądź ciepła. Wartościowanie działania silników głównych instalowanych w siłowniach okrętowych, zaproponowane przez autora tego artykułu, polega na przyrównaniu działania tego rodzaju silników do wielkości fizycznej, której jednostką miary jest dżulosekunda [dżul · sekunda]. Wprowadzono pojęcie działania teoretycznego silników, które uznano za działanie wzorcowe, z którym można byłoby porównywać działania rzeczywiste silników o różnym stopniu zużycia. Wykazano, że do obliczenia wartości tak rozumianego działania należy zastosować pracę teoretyczną określoną w oparciu o obiegi teoretyczne Diesla i Sabathe'a, zmodyfikowane o odprowadzenie ciepła według przemiany izobarycznej bądź izotermicznej. Wykazano, że do obliczenia działania teoretycznego tego rodzaju silników nie można wykorzystać znanych powszechnie obiegów teoretycznych Diesla i Sabathe'a.

Słowa kluczowe: działanie, energia, silnik o zapłonie samoczynnym, okrętowy silnik główny

Robert JAKUBOWSKI
Krzysztof KRAWCZYK

PTNSS-2011-SC-006

MODELING OF JET ENGINE WITH COOLING TURBINE

The problems of the turbojet engine cooling turbines are discussed in the paper. The cooling systems use in the contemporary jet engines are briefly described in the first part of the paper. Then the models of various turbine cooling systems are presented. The main attention is paid to internal convection of cooling and external film cooling processes. The turbine cooling model application in the overall jet engine model is presented in the next step. Then the results of the jet engine calculation are presented and discussed with reference to commonly applied models of the cooling turbine and the turbine without cooling. The results show the differences in the calculation data of

turbine work and engine performance parameters like thrust and fuel consumption. The formulated conclusions are presented in the final part of the paper. One of them is that the proposed model of cooling turbine allows to calculate of cooling mass flow, while the models of cooling turbine commonly applied demand to assume it to the basis of statistical data.

Key words: cooling turbine, modeling of the cooling turbine, the jet engine modeling

Modelowanie silnika odrzutowego z chłodzoną turbiną

W pracy przedstawiono problematykę chłodzenia turbin silnika odrzutowego. Metody chłodzenia turbin współczesnych silników odrzutowych zostały pokrótce opisane w początkowej części pracy. Następnie przedstawiono modele opisujące wybrane metody chłodzenia turbin. Skoncentrowano się na chłodzeniu wewnętrznym (konwekcyjnym) i chłodzeniu zewnętrznym – błonowym. W następnym kroku zaprezentowano model silnika odrzutowego z uwzględnieniem modelu turbiny chłodzonej. Przedstawiono wyniki obliczeń, które odniesiono do wyników uzyskiwanych przy wykorzystaniu powszechnie stosowanych modeli opisu procesu chłodzenia, lub gdy chłodzenie turbiny było pomijane. Dokonano porównania wyników uzyskanych dla wykorzystanych modeli silnika wskazując na różnice w wyznaczonych wartościach pracy turbiny oraz osiągow silnika poprzez ocenę otrzymanych wartości ciągu i jednostkowego zużycia paliwa. Na podstawie otrzymanych wyników i wykonanych analiz opracowano wnioski. Między innymi wskazano, że prezentowany model turbiny chłodzonej pozwala na wyznaczenie masy czynnika chłodzącego turbinę, podczas gdy, powszechnie wykorzystywane modele turbiny chłodzonej w obliczeniach tego typu wymagają założenie ilości czynnika chłodzącego na podstawie danych statystycznych zawartych w literaturze.

Słowa kluczowe: turbina chłodzona, modelowanie turbiny chłodzonej, modelowanie silnika odrzutowego

Leszek GOMÓŁKA
Andrzej AUGUSTYNOWICZ
Artur MACIĄG

PTNSS-2011-SC-008

ANALYSIS OF THE RANK SPREADING THE DECLINE OF OIL IN INTERNAL-COMBUSTION ENGINES

In the study the diagnostic method based on the technique of high voltages is presented whose purpose is to serve for the evaluation of the state of the engine oil. Data describing the manufacturers' time exchange of the exploitation of the engine oil aren't an effective way of controlling the exchange of the engine oil. On the basis of conducted examinations it is demonstrated that monitoring the dielectric constant of the engine oil could be of help for determining its state, since changes of values of the suggested diagnostic parameter are connected with properties of engine oil.

Key words: internal-combustion engine, technical diagnostics

Analiza stopnia degradacji oleju smarującego w silnikach spalinowych

W opracowaniu przedstawiono analizę opartą na porównaniu poszczególnych właściwości fizykochemicznych oleju silnikowego podczas eksploatacji, służącą do oceny jego stanu. Pomimo, że producent określa czasookres użytkowania oleju silnikowego, nie jest to efektywny wskaźnik wymiany oleju silnikowego. Przeprowadzone w ramach pracy badania wykazały, że monitorowanie zmian stałej dielektrycznej oleju silnikowego może być pomocne do określenia jego stanu, ponieważ zmiany wartości zaproponowanego parametru diagnostycznego, jakim jest rozkład widma podczerwonego, są powiązane z właściwościami oleju silnikowego.

Słowa kluczowe: silnik spalinowy, diagnostyka techniczna

Piotr BZURA

PTNSS-2011-SC-012

ANALYSIS AND EVALUATION OF THE IMPACT OF CONVECTIVE HEAT-TRANSFER COEFFICIENT IN THE LUBRICATING OIL COOLER ON THE ENGINE EFFICIENCY

The efficiency of operating combustion engines is significantly influenced by the power loss caused by friction in the tribological systems, which is determined, among other things, by the lubricating oil properties. Therefore, proper lubricating conditions, dependent on the oil ageing, should be maintained as long as it is practically possible. During the ageing process the values of basic oil characteristics (i.e. viscosity and density) increase rapidly due to polymerization and condensation. In spite of the presence of oil filters, the oil ageing process progresses with the increased operation time. The paper presents a proposed method of taking account of the convective heat-transfer coefficient as one of the main factors determining the lubricating oil internal ageing. Analysis and evaluation of the impact of convective heat-transfer coefficient on the engine efficiency will allow to determine the oil change period in a more precise way.

Key words: convective heat-transfer

Analiza i ocena wpływu współczynnika wnikania ciepła w chłodnicach oleju smarowego na sprawność silnika

Na sprawność eksploatowanych silników spalinowych istotnie wpływa moc tracona wskutek tarcia w układach tribologicznych, która m.in. jest zdeterminowana właściwościami oleju smarującego. W związku z tym należy maksymalnie długo utrzymać prawidłowe warunki smarowania zależne od stopnia zesterzenia oleju. Podczas procesu starzenia wartości podstawowych wskaźników oleju (tzn. lepkość i gęstość) szybko wzrastają wskutek polimeryzacji i kondensacji. Mimo obecności filtrów oleju, starzenie oleju rośnie ze wzrostem czasu eksploatacji. W artykule przedstawiono propozycję uwzględnienia współczynnika wnikania ciepła jako jednego z głównych wskaźników określających starzenie wewnętrzne oleju smarowego. Analiza i ocena wpływu współczynnika wnikania ciepła na sprawność silnika umożliwi precyzyjniejsze określenie czasu wymiany oleju.

Słowa kluczowe: współczynniki wnikania ciepła

Lukasz GRABOWSKI

PTNSS-2011-SC-013

RESEARCH ON THE MIXTURE FORMATION PROCESS IN AN SI ENGINE FUELLED BY A PROPANE-BUTANE INJECTION

The article presents the research results of the air-fuel mixture formation in a propane-butane injected engine. The research object was a four-cylinder engine with an asymmetrical inlet system. The issues analysed included the impacts of the distance of a nozzle from an inlet valve axis and of an injection start angle on the concentration of toxic components in exhaust gases and the uniformity of fuel distribution in cylinders. The analysis is based on the results of the bench tests and of simulations using computational fluid dynamics (CFD). It was demonstrated that the distance between a nozzle and an inlet valve axis caused greater discrepancies in the composition of exhaust gases (CO , HC , NO_x) than the modification of an injection start angle. The increased toxicity of exhaust gases was due to the changed filling process of each cylinder and the resultant varied mixture in these cylinders.

Key words: an internal combustion engine, a propane-butane supply system, an injection start angle, compressible flow modeling

Badania procesu tworzenia mieszanki w silniku o zapłonie iskrowym zasilanym wtryskiem gazu propan-butan

W artykule przedstawiono wyniki badań procesu tworzenia mieszanki paliwo-powietrznej w silniku zasilanym wtryskiem

gazu propan-butan. Obiektem badań był czterocylindrowy silnik, wyposażony w asymetryczny układ dolotowy. Analizie poddano wpływ odległości dyszy wtryskowej od osi zaworu dolotowego oraz kąta początku wtrysku na stężenie składników toksycznych spalin i równomierność rozkładu paliwa w cylindrach. Powyższą analizę oparto o wyniki badań stanowiskowych wykonanych na hamowni silnikowej oraz o wyniki badań symulacyjnych z zastosowaniem numerycznej mechaniki płynów (CFD). Wykazano, że w odniesieniu do zmierzonych stężeń składników spalin (CO , HC , NO_x) oddalenie dyszy wtryskowej od osi zaworu dolotowego spowodowało większe różnice w składzie spalin niż modyfikacja kąta początku wtrysku. Przyczyną zwiększenia toksyczności spalin okazała się zmiana procesu napełniania poszczególnych cylindrów silnika i zróżnicowanie składu mieszanki w cylindrach

Słowa kluczowe: silnik spalinowy, zasilanie gazem propan-butan, kąt początku wtrysku, modelowanie przepływów ściśliwych

Miroslaw WENDEKER

PTNSS-2011-SC-014

Lukasz GRABOWSKI

Konrad PIETRYKOWSKI

Pawel MAGRYTA

PHENOMENOLOGICAL MODEL OF A WANKEL ENGINE

This paper presents the model of a Wankel engine developed with the AVL BOOST software. The programme AVL BOOST is a multilevel system that enables real-time processing and is dedicated to simulate variable engine operating conditions. The standard modules available in the system were used during the research. The test object was a normally aspirated, 4-stroke XR50 Wankel engine. The torque-speed characteristics was determined. The calibration of the model was carried out by comparing the calculated torque with the experimental external characteristics of the engine. The error value for the calculated torque for most research points did not exceed 6%. Satisfactory compliance was not achieved only at the highest speed. Such a model of a Wankel engine will be later used to build a model of this engine powered by hydrogen injection.

Key words: Wankel engine, phenomenological model, simulation tests

Fenomenologiczny model silnika Wankla

W niniejszej pracy przedstawiono model silnika Wankla opracowany w programie AVL BOOST. Oprogramowanie AVL BOOST jest wielopoziomym systemem umożliwiającym pracę w czasie rzeczywistym i dedykowane jest do symulacji zmiennych warunków pracy silnika. W czasie realizacji pracy zastosowano standardowe moduły dostępne w systemie. Obiektem badań był wolnossący, 4-suwowy silnik Wankla o oznaczeniu XR50. Wyznaczono charakterystykę momentu obrotowego w funkcji prędkości obrotowej. Kalibrację modelu przeprowadzono poprzez porównanie obliczonego momentu obrotowego z otrzymaną doświadczalnie zewnętrzną charakterystyką silnika. Wartość błędu obliczonego momentu obrotowego w większości punktów badawczych nie przekraczała 6%. Jedynie w warunkach największej prędkości obrotowej nie uzyskano zadawalającej zgodności. Opracowany model silnika Wankla posłuży do budowy modelu tego silnika zasilanego wtryskiem wodoru.

Słowa kluczowe: silnik Wankla, model fenomenologiczny

Konrad PIETRYKOWSKI

PTNSS-2011-SC-015

RESEARCH ON THE MIXTURE FORMATION PROCESS IN A RADIAL ENGINE

This paper analyses one of the main drawbacks of radial engines, i.e. the non-uniformity of individual cylinder operation. This fact results in

the specific arrangement of cylinders, which in turn makes individual cylinders be fuelled by a differently composed air – fuel mixture. The impact of gravity that affects fuel drops and a fuel film is one of the reasons. The non-uniformity of fuelling increases in transient states of engine operation. The testing which was conducted in the WSK PZL Kalisz engine test house was to measure the courses of the maximum pressure in a cylinder after a stroke change of an injection mass. Then a model of fuelling a cylinder was developed. It allows specifying a fuel mass in a cylinder after a stroke change of injection time. The parametric identification of the model consisted in determining the values of parameters that are typical of the mixture formation process in engine intake pipes. In order to directly compare the mixture formation process in transient states for each cylinder, the Lc(99) indicator has been adopted that specifies the number of engine operation cycles after which a fuel mass fixed in a cylinder. The paper presents the research results as the distributions of a fuel deposition coefficient, a fuel evaporation time constant and the Lc(99) indicator for each cylinder. The results show that the orientation of cylinders significantly influences the mixture formation process in a radial engine.

Key words: radial engine, mixture formation process

Badania procesu tworzenia mieszanki w silniku gwiazdowym

W artykule podjęto jeden z głównych problemów silników gwiazdowych jakim jest nierównomierność pracy poszczególnych cylindrów. Nierównomierność wywołuje specyficzny układ cylindrów i zróżnicowanie składu mieszanki w poszczególnych cylindrach. Jedną z przyczyn jest działanie grawitacji na krople paliwa i film paliwowy. Nierównomierność zasilania zwiększa się w nieustalonych stanach pracy silnika. Badania stanowiskowe wykonane w hamowni silnikowej PZL WSK Kalisz polegały na wykonaniu pomiarów przebiegu ciśnienia maksymalnego w cylindrze podczas skokowych zmianach masy wtrysku. Następnie sformułowano model zasilania paliwem cylindra, pozwalający na wyznaczenie masy paliwa w cylindrze po skokowej zmianie czasu wtrysku. Identyfikacja parametryczna modelu polegała na wyznaczeniu wartości parametrów charakteryzujących proces tworzenia mieszanki w przewodach dolotowych silnika. W celu bezpośredniego porównania procesu tworzenia mieszanki w stanach nieustalonych dla poszczególnych cylindrów przyjęto wskaźnik Lc(99) określający liczbę cykli pracy silnika, po których ustalała się masa paliwa w cylindrze. W pracy zamieszczono wyniki badań w postaci rozkładu współczynnika osiadania paliwa, stałej czasowej parowania oraz wskaźnika Lc(99) dla poszczególnych cylindrów. Wyniki dowodzą istotności wpływu orientacji cylindrów na proces tworzenia mieszanki w silniku gwiazdowym.

Słowa kluczowe: silnik gwiazdowy, proces tworzenia mieszanki

Jacek CZARNIGOWSKI

PTNSS-2011-SC-017

THE IMPACT OF A MATERIAL USED IN A GAS INJECTOR MAGNETIC CORE ON GAS INJECTOR PERFORMANCE

The paper describes the results of the bench testing on a gas injector whose magnetic core was made from two materials – steel S235JR and 04J the Armco. The analysis has dealt both with the injector mass flow and opening and closing delay times. It has been shown that replacing magnetically soft material (Armco) recommended for magnetic circuit elements with much cheaper ordinary carbon steel strongly change injection mass flow. This is due to reduced opening delay time and increased closing delay time, which is caused by permanently magnetised elements in an injector magnetic circuit. The paper also provides the value of the changes in the delay times for the tested injector design and their impact on injector delivery.

Key words: injector, steel, magnetic core, opening delay time, closing delay time

Wpływ materiału magnetowodu wtryskiwacza gazu na jego pracę

W artykule przedstawiono wyniki badań stanowiskowych wtryskiwacza gazu, którego magnetowód wykonany został z dwóch materiałów – stali S235JR oraz 04J Armco. Analizie poddano wydatek wtryskiwacza oraz czasy opóźnienia otwarcia i zamknięcia. Wykazano, że zmiana materiału z magnetycznie miękkiego (Armco) zalecanego na elementu obwodów magnetycznych, na zwykłą stal węglową, znacznie tańszą, powoduje znaczącą zmianę wydatku wtryskiwacza. Wynika to ze skrócenia czasu opóźnienia otwierania a wydłużenia się czasu opóźnienia zamykania, spowodowanego trwałym magnesowaniem się elementów obwodu magnetycznego wtryskiwacza. Przedstawiono wartość zmian czasów opóźnienia dla badanej konstrukcji wtryskiwacza oraz wpływ tych zmian na wydatek.

Słowa kluczowe: wtryskiwacz, stal, magnetowód, czas opóźnienia otwarcia, czas opóźnienia zamknięcia

Mirosław WENDEKER

PTNSS-2011-SC-018

Konrad PIETRYKOWSKI

Łukasz GRABOWSKI

Michał ROLA

Rafał SOCHACZEWSKI

Grzegorz BARAŃSKI

MODEL OF THE AIR-GAS MIXTURE FORMATION IN SI ENGINES

The paper presents the results of the modelling for the filling process of a propane-butane powered engine. The geometry of a model was based on a real 4-cylinder SI engine of an engine displacement of 2 dm³. The engine model and simulations were performed using the AVL FIRE software. The mass of the fuel supplied to a cylinder identical in all the cases. The study was performed for several values injector opening time, and some of the expense of the injector. The analysis focused on the impact of the gas mass flow through an injector on the fuel deposition in a combustion chamber. It was demonstrated that a change in the course of injection influenced the distribution of fuel in a cylinder. The values of the fuel concentration near a spark plug were also specified.

Key words: a combustion engine, gas injection, modeling, CFD

Model procesu tworzenia mieszanki gazowo-powietrznej w silniku o zapłonie iskrowym

W artykule przedstawiono wyniki badań modelowych procesu napełniania silnika zasilanego gazem propan-butan. Geometrię modelu oparto na rzeczywistym czterocylindrowym silniku ZI o pojemności skokowej równej 2 dm³. Model silnika oraz badania symulacyjne wykonano w programie AVL FIRE. We wszystkich badanych przypadkach masa paliwa dostarczona do cylindra była niezmienna. Badania wykonano dla kilku wartości czasu otwarcia wtryskiwacza oraz kilku wartości wydatku wtryskiwacza. Analizie poddano wpływ masowego natężenia przepływu gazu przez wtryskiwacz na depozycję paliwa w komorze spalania. Wykazano, że zmiana przebiegu wtrysku wpływa na rozkład paliwa w cylindrze. Wyznaczono wartości koncentracji paliwa w pobliżu świecy zapłonowej.

Słowa kluczowe: silnik spalinowy, wtrysk gazu, modelowanie, CFD

Anna JANICKA

PTNSS-2011-SC-019

Zbigniew J. SROKA

Wojciech WALKOWIAK

THE ANALYSIS OF DIESEL ENGINE PERFORMANCE EQUIPPED WITH INNER CATALYST

The paper presents the results of the research focused on the effect of inner catalyst on diesel engine operating performance. The active

factor was applied on the engine valves surface and implemented into combustion space. The method of inner catalyst preparation is shown. The methodology of the engine's test in the laboratory is proposed, too. Platinum and rhodium were applied as active factors. The plasma-sprayed zirconium ceramic was used as catalyst support. The ceramic coating contributes also a local thermal barrier and causes increasing the temperature in zone of catalyst application what can result in catalyst effectiveness improvement. The engine's test bed was equipped with in-cylinder pressure and temperature measurement systems. Several engine's operating parameters were tested e.g.: engine power, engine speed, fuel consumption and exhaust gases toxicity (especially PAHs and VOCs concentration).

Key words: diesel engine performance, inner catalyst, polyaromatic hydrocarbons, volatile hydrocarbons

Analiza parametrów pracy silnika o zapłonie samoczynnym wyposażonego w katalizator wewnętrzny

W pracy przedstawiono wyniki badań, których celem była ocena wpływu zastosowania katalizatora umieszczonego wewnątrz cylindra silnika o zapłonie samoczynnym na parametry pracy tego silnika. Zaprezentowano metodę preparatyki katalizatora jak również metodę oceny skuteczności zaproponowanego rozwiązania na stanowisku hamownianym. Jako czynnik aktywny katalitycznie podczas realizacji badań wykorzystano platynę oraz rod. Warstwę nośną katalizatora stanowiła ceramika cyrkonowa naniesiona metodą natryskiwania plazmowego na wybrane elementy silnika (zawory silnikowe). Warstwa ceramiczna stanowiła nie tylko nośnik katalizatora pozwalający rozwinąć jego powierzchnię ale również lokalną barierę termiczną. Stanowisko do badań silnikowych (hamownia) wyposażona była w układ pomiaru ciśnienia i temperatur wewnątrz cylindra. Monitorowano następujące parametry: moc silnika, zużycie paliwa jak również toksyczność spalin (w szczególności emisję szczególnie toksycznych wielopierścieniowych węglowodorów aromatycznych oraz lotnych związków organicznych).

Słowa kluczowe: silnik ZS, katalizator wewnętrzny, wielopierścieniowe węglowodory aromatyczne, lotne związki organiczne

*Tomasz LEŻAŃSKI
Janusz SĘCZYK
Piotr WOLAŃSKI*

PTNSS-2011-SC-021

EFFECTS OF APPLICATION OF NEW COMBUSTION SYSTEM IN A COMMERCIAL SPARK IGNITION ENGINE

The research results of a new combustion system with semi-open combustion chamber for SI engines with use of the rapid compression machine (RCM) and visualisation experimental engine (VEE) shown up that the application of this system could be resulted in shortening of the combustion time, increasing of the maximum cycle pressure and, in effect, higher combustion efficiency. The aim of the research with using a commercial spark ignition engine was to prove that the similar results (as with RCM and VEE) could be obtained at a wide range of automotive engine operating parameters. In this research modified two cylinder, four stroke air cooled SI engine, with volume displacement 650 cm³, from Fiat 126, motorcar was used. This engine was fitted with a modified cylinder heads and ignition distributor. Two types of prechamber with different shape were installed in different locations in the cylinder head but the ignition distributor enabled to keep fixed level, preadjusted, ignition advance angle at the full range of engine speed. The wide open throttle characteristics including: power, specific fuel consumption and exhaust emission versus engine speed and load characteristics including: specific fuel consumption and exhaust emission versus engine torque were determined for different ignition advance angles. The research results show that improvement of the engine characteristics can be obtained in the full

range of operating parameters if the ignition advance angle is varied continuously with the variation of engine speed.

Key words: SI engines, combustion, combustion chamber of piston engines, exhaust emission

Efekty zastosowania nowego systemu spalania w produkcyjnym silniku tłokowym o zapłonie iskrowym

Wyniki badań przy zastosowaniu maszyny pojedynczego sprzętu oraz badawczego silnika wizualizacyjnego, pokazują, że zastosowanie systemu z półotwartą komorą spalania może spowodować: skrócenie czasu spalania w komorze spalania, zwiększenie ciśnienia maksymalnego cyklu oraz zwiększenie sprawności spalania. Celem badań w silniku produkcyjnym było wykazanie, że takie pozytywne efekty można uzyskać również w szerokim zakresie parametrów pracy trakcyjnego silnika spalinowego. Badania prowadzono przy zastosowaniu zmodyfikowanego silnika samochodu Fiat 126p. Określono charakterystyki zewnętrzne i obciążeniowe przy różnych konfiguracjach komory spalania i różnych wartościach kąta wyprzedzenia zapłonu. Uzyskane wyniki pokazują, że dzięki zastosowaniu systemu z półotwartą komorą spalania, o właściwie dobranych parametrach systemu, można uzyskać poprawę osiągnięć silnika oraz zmniejszenie toksyczności spalin.

Słowa kluczowe: silniki spalinowe o zapłonie iskrowym, spalanie, komory spalania silników tłokowych, toksyczność spalin

*Marcin TERELAK
Andrzej KAŻMIERCZAK
Konrad KRAKOWIAN
Aleksander GÓRNIAN
Paweł KAWALIŁO*

PTNSS-2011-SC-024

DEVKIT8000 AND BECKHOFF CONTROLLER AS A COMPLETE CONTROL SYSTEM IN HYBRID VEHICLE

Hybrid control system and visualization of the actual performance of the two different drives can be realized by PLC controller and SCADA system which could be installed on simple computer with LCD display. The components and main idea of connecting PLC controller with the SCADA system and simple computer to control hybrid drive system will be implemented to prototype hybrid scooter. This scooter was built by Marcin Terelak and Ernest Ozga during their master studies on Wrocław University of Technology few years ago. Hybrid vehicle is vehicle which combines a conventional propulsion system with an on-board rechargeable energy storage system to achieve better fuel economy than a conventional vehicle without being hampered by range from a charging unit like a battery electric vehicle, which uses batteries charged by an external source. Prototype hybrid scooter has a conventional engine (gasoline) as well as a four lithium-ion batteries and an electric motor, so that the wheels of the vehicle are driven by both an internal combustion engine and an electric motor. Authors showed in the article actual steering control system and parameters of prototype hybrid scooter and also the idea of implementation SCADA system, embedded single board computer and PLC controller to control hybrid drive in prototype scooter. Single-board computers (SBCs) means complete computers built on a single circuit board. Embedded Single Board Computers are much smaller than ATX motherboards, and provide an I/O mix more targeted to an industrial application such as on-board digital and analog I/O, on-board bootable flash so no hard drive is required. Information about single-board computers (DEVKIT8000) and implementation of this computer to control hybrid vehicles engines will be the showed in second part of this article. Programmable logic controller (PLC) as a microprocessor-based system that accepts input data from switches and sensors, processes that data by making decisions in

accordance with a stored program, and then generates output signals to devices that perform a particular function based on the application. SCADA (Supervisory Control And Data Acquisition) is very flexible solution for example to choose between the parameters and driving modes in prototype hybrid scooter and also to show information from controller on touch panel.

Key words: hybrid vehicle, hybrid scooter, control system, SCADA, touch panel, single-board computer, power control fuzzy logic, reducing of gas consumption, reducing of CO emissions

Piotr WYGONIK

PTNSS-2011-SC-025

INFLUENCE OF BASIC ENERGETIC PARAMETERS OF TURBOFAN ENGINE ON MULTIPURPOSE AIRCRAFT MANEUVERS INDEXES

Multipurpose aircraft, during one mission, very often must perform many tasks and at the same time must use the energy sources for the maneuvers. The mathematical model of the chosen tasks of an aircraft has been presented, which due to the energetic and economical requirements do not allow to build the uniform optimization criteria. The models of such flight stages have been presented: take off, climbing with the maximum velocity and the maximum angle of climb, horizontal flight both sub- and supersonic, turn determined. In order to make the considerations easier the engine model was reduced to two parameters: non-dimensional loading coefficient and the coefficient of relative engine measure. During the conducted calculations the values of the non-dimensional coefficients were determined which allow to optimize the tasks performed by the aircraft during the mission. By making comparisons of the determined characteristics there were shown the acceptable values of the non-dimensional engine coefficients and there were presented the assessment criteria of the aircraft manoeuvre properties which are important for the realization of the whole its mission.

Key words: turboprop engines, multipurpose aircraft, airplane engine integration

Wpływ podstawowych parametrów energetycznych silnika dwuprzepływowego na wskaźniki manewrowości samolotu wielozadaniowego

Samolot wielozadaniowy, wykonując cały szereg różnorodnych zadań, niejednokrotnie w czasie jednej misji, musi wykorzystywać zasoby energetyczne dla uzyskanie wymaganej sytuacji manewrowości. Przedstawiono model matematyczny wybranych zadań samolotu, które z racji wymagań energetycznych i ekonomicznych uniemożliwiają zbudowanie jednolitych kryteriów optymalizacji. Przedstawiono modele takich etapów lotu jak: start, wznoszenie z maksymalną prędkością i maksymalnym kątem wznoszenia, lot poziomy pod- i naddźwiękowy, zakręt ustalony. Dla uproszczenia rozważań model silnika sprowadzono do dwóch parametrów: bezwymiarowego współczynnika obciążenia (który zawiera w sobie parametry cyklu roboczego silnika jak temperaturę przed turbiną, spręż całkowity silnika) oraz wskaźnik względny wymiaru silnika. W trakcie przeprowadzonych obliczeń wyznaczono wartości wskaźników bezwymiarowych pozwalających optymalizować poszczególne zadania wykonywane przez samolot w trakcie misji. Dokonując porównania wyznaczonych charakterystyk wskazano dopuszczalne wartości wskaźników bezwymiarowych silnika i wskazano te kryteria oceny własności manewrowych samolotu, które są istotne dla realizacji całej jego misji.

Słowa kluczowe: turbinowy silnik dwuprzepływowy, samolot wielozadaniowy, integracja samolotu i zespołu napędowego

Wincenty LOTKO

Paweł MACIĄG

Krzysztof GÓRSKI

PTNSS-2011-SC-026

INFLUENCE OF REGULATING PARAMETERS ON NOISE EMITTED BY DIESEL ENGINE POWERED WITH BLENDS OF DIESEL OIL AND ETHYL TERT-BUTYL ETHER

The article will present results of research into assessment of noise emissions from AD3.152 engine powered with diesel fuel and its blends including between 10 and 40% (by volume) of ethyl tert-butyl ether (ETBE). An estimate was attempted of how noise emissions of this engine change as dependent on regulation of the tested fuel's injection start angle. The investigations were executed in conditions of load characteristic profile in respect of three different speeds of shaft crank rotation. In addition, rates of pressure increase in the combustion chamber of AD3.152 engine powered with the tested fuels were determined. This helped to estimate dependences between the noise of the engine under testing and variation in rates of pressure increase in its combustion chamber.

Key words: sound emission, alternative fuels, diesel fuel blends

Wpływ parametrów regulacyjnych na hałas silnika wysokoprężnego zasilanego mieszaninami oleju napędowego z eterem etylo-tert butylowym

W artykule zaprezentowano wyniki badań z zakresu oceny emisji hałasu silnika AD3.152 zasilanego olejem napędowym oraz jego mieszaninami z eterem etylo-tert butylowym w ilości od 10 do 40% (objętościowo). Starano się ocenić zmiany emisji hałasu tego silnika w zależności od regulacji kąta wyprzedzenia wtrysku testowanego paliwa. Badania wykonano w warunkach charakterystyki obciążeniowej i dla trzech różnych prędkości obrotowych wału korbowego. Wyznaczono prędkości narastania ciśnienia w komorze spalania silnika AD3.152 zasilanego testowanymi paliwami. Pozwoliło to ocenić zależności występujące pomiędzy hałasem badanego silnika i zmianami prędkości narastania ciśnienia w jego komorze spalania.

Słowa kluczowe: emisja dźwięku, paliwa alternatywne, mieszaniny oleju napędowego

Krzysztof GÓRSKI

PTNSS-2011-SC-028

RESEARCH OF KNOCK PHENOMENON IN DIESEL ENGINE POWERED WITH OXYGENATED FUELS

A diesel knock is a phenomenon which can be unfavorable because it causes noise increase. The main sources of the acoustic emission are combustion chamber resonances. It is caused by high-frequency pressure oscillations inside the cylinder during a fuel combustion process. In some cases high-intensity of knock can lead to the damage of pistons, other parts of the engine and its premature wear. The use of some kinds of alternative fuels in diesel engine may increase knocking intensity. It is typical for the fuels with lower cetane number. The examples of such fuels are blends of selected alcohols or ethers with diesel oil. The use of these oxygenated fuels reduces emissions of most harmful pollutants from diesel engine, but can increase the knock intensity and the rate of pressure rise in a combustion chamber. Paper presents possibilities of using wavelet transform in application to research of knock phenomenon in diesel engine powered with selected oxygenated fuels.

Key words: wavelet transform, engine knock, signals decomposition, alternative fuels, fuel combustion

Badania zjawiska stuku w silniku o zapłonie samoczynnym zasilanym paliwami tlenowymi

Stuk w silniku o zapłonie samoczynnym jest zjawiskiem, które może być niekorzystne, ponieważ powoduje wzrost emisji dźwię-

ku. Głównymi źródłami tej emisji są drgania rezonansowe komory spalania. Jest to spowodowane wysokoczęstotliwościowymi oscylacjami ciśnienia zachodzącymi wewnątrz cylindra podczas procesu spalania paliwa. W niektórych przypadkach, wysoka intensywność stuku może prowadzić do uszkodzenia tłoków, innych części silnika i przyspieszać jego zużycie. Wykorzystanie niektórych rodzajów paliw alternatywnych w silniku o zapłonie samoczynnym może zwiększyć intensywność stuku. Jest to typowe dla paliw o niższej liczbie cetanowej. Przykładem takich paliw są mieszaniny wybranych alkoholi lub eterów z olejem napędowym. Użycie tych paliw obniża emisję szkodliwych składników spalin z silnika o zapłonie samoczynnym, ale może zwiększyć intensywność stuku i prędkość narastania ciśnienia w komorze spalania. Artykuł przedstawia możliwości wykorzystania transformaty falkowej w zastosowaniu do badań zjawiska stuku silnika o zapłonie samoczynnym zasilanego wybranymi rodzajami paliw zawierających tlen.

Słowa kluczowe: transformata falkowa, stuk silnika, dekompozycja sygnałów, paliwa alternatywne, spalanie paliwa

Konrad PIETRYKOWSKI

PTNSS-2011-SC-031

Grzegorz BARAŃSKI

Mirosław WENDEKER

Adam MAJCZAK

Jacek CZARNIGOWSKI

Piotr JAKLIŃSKI

AN ELECTRONICALLY CONTROLLED HYDROGEN INJECTOR FOR WANKEL ENGINE

This paper presents a new concept of an electronically controlled hydrogen injector specialized for the multipoint injection system for Wankel engine. There was presented the process of designing an injector which contains the studies with AVL FIRE software, the leading of the CFD (Computational Fluid Dynamics) class software, allowing for optimization of geometrical parameters of the injector as well as the magnetic field simulation studies designed to optimize the electromagnetic coil. The results of research prototype injector on the test bench. Voltage waveforms and the current flow in the electrical circuit were analyzed, allowing to determine the opening and closing delay times of the injector's valve. There was also analyzed the impact of supply pressure for the operating parameters (opening time, closing time) and the waveforms of the pressure in the injector nozzle. At the end there were prepared the flow characteristics as a function of injection time. The article shows that the value of supply pressure increases the opening delay time of the injector. At the same time increasing of the value of supply pressure induces decreasing of the valve delay time. It has been found to achieve the assumed flow ensuring a proper supply of the tested Wankel engine.

Key words: Wankel engine, hydrogen, injector, CFD

Elektronicznie sterowany wtryskiwacz wodoru do silnika Wankla

W artykule przedstawiono nową koncepcję elektronicznie sterowanego wtryskiwacza wodoru przeznaczonego do systemu wielopunktowego wtrysku pośredniego do silnika Wankla. Przedstawiono proces projektowania wtryskiwacza zawierający między innymi badania z wykorzystaniem programu AVL FIRE klasy CFD (*Computational Fluid Dynamics*) pozwalające na optymalizację parametrów geometrycznych wtryskiwacza jak również badania symulacyjne pola magnetycznego mające na celu optymalizację cewki elektromagnetycznej. Przedstawione zostały wyniki badań prototypowego wtryskiwacza na stanowisku badawczym. Analizie poddano przebiegi napięcia oraz natężenia prądu płynącego w obwodzie elektrycznym, co pozwoliło na określenie czasów zwłoki otwierania oraz zamykania zaworu wtryskiwacza. Przeanalizowano

również wpływ nadciśnienia zasilania na parametry pracy urządzenia (czas otwierania, czas zamykania) oraz na przebieg ciśnienia w dyszy wylotowej wtryskiwacza. Sporządzone zostały również charakterystyki wydatku wtryskiwacza w funkcji czasu wtrysku. W artykule wykazano, że wartość nadciśnienia zasilania powoduje wydłużenie opóźnienia otwierania wtryskiwacza. Jednocześnie zwiększenie wartości nadciśnienia zasilania skutkuje zmniejszeniem czasu zamykania zaworu. Stwierdzono osiągnięcie założonego wydatku zapewniającego prawidłowe zasilanie badanego silnika Wankla.

Słowa kluczowe: silnik Wankla, wodór, wtryskiwacz, CFD

Mirosław WENDEKER

PTNSS-2011-SC-032

Grzegorz BARAŃSKI

Konrad PIETRYKOWSKI

Michał BIAŁY

Jacek CZARNIGOWSKI

Piotr JAKLIŃSKI

HYDROGEN PRESSURE STABILIZATION IN AN ELECTRONICALLY CONTROLLED REGULATOR

This paper presents a design, simulation and experimental results of the prototype of an electronically controlled hydrogen pressure regulator. The geometric model of the regulator has been developed in the CAD system (Computer-Aided Design) using the Catia V5 software. This model is developed due to the massive demand for hydrogen fuel for the tested Wankel engine. The simulation research was carried out using the CFD (Computational Fluid Dynamics) method and the special software by Ansys Fluent. The simulations enabled determining the impact of regulator's geometrical parameters like nozzle geometry, the size of its chambers and high and reduced pressure on its main flow parameters such as the distribution of a velocity field and pressure. The experimental tests of this prototype pressure regulator were conducted under operational conditions in an automotive vehicle. The main purpose of the study was to verify the system response to the volume of regulation deviation, i.e. the verification of regulator work for its pressure stability at the output. The paper shows the uneven distribution of agent pressure and velocity in the hydrogen pressure regulator with different types of nozzles. The analysis of the simulation tests resulted in developing the real model of the pressure regulator with a single-hole nozzle that was tested in experiments. The optimal sizing of chambers, the shape of the nozzle, and the electronic control system for hydrogen pressure showed that the prototype hydrogen pressure regulator stabilizes the pressure on target.

Key words: hydrogen, pressure, electronic control, experimental tests, CFD

Stabilizacja ciśnienia wodoru w elektronicznie sterowanym reduktorze

W artykule przedstawiono konstrukcję oraz wyniki badań symulacyjnych i eksperymentalnych prototypowego, sterowanego elektronicznie, reduktora ciśnienia wodoru. Model geometryczny reduktora opracowany został w systemie CAD za pomocą oprogramowania Catia V5. Model ten sporządzono na podstawie masowego zapotrzebowania w paliwo wodorowe badawczego silnika Wankla. Badania symulacyjne przeprowadzono za pomocą programu Ansys Fluent, wykorzystującego numeryczną mechanikę płynów CFD. Przeprowadzone symulacje pozwoliły na określenie wpływu geometrii kanałów dyszy głównej reduktora oraz wielkości jego komór wysokiego i zredukowanego ciśnienia na rozkład pola prędkości i ciśnienia. Badania eksperymentalne prototypowego reduktora ciśnienia przeprowadzono w warunkach eksploatacyjnych na pojeź-

dzie samochodowym. Zasadniczym celem badań była weryfikacja odpowiedzi układu na wielkość uchybu regulacji, czyli weryfikacja pracy reduktora pod kątem stabilności ciśnienia na jego wyjściu. W artykule wykazano nierównomierność rozkładu ciśnienia i prędkości czynnika w reduktorze ciśnienia wodoru wyposażonego w różne typy dysz. W wyniku analizy badań symulacyjnych wykonano rzeczywisty model reduktora ciśnienia z dyszą jednocelową, poddając go badaniom eksperymentalnym. Optymalny dobór wielkości komór, kształtu dyszy oraz systemu elektronicznego układu regulacji ciśnienia wodoru wykazał, że prototypowy reduktor ciśnienia wodoru stabilizuje wartość ciśnienia na założonym poziomie.

Słowa kluczowe: wódór, reduktor, ciśnienie, elektroniczne sterowanie, badania symulacyjne, CFD

Mirosław WENDEKER

PTNSS-2011-SC-033

Michał GĘCA

Marcin SZLACHETKA

Lukasz GRABOWSKI

Rafał SOCHACZEWSKI

Grzegorz BARAŃSKI

MODELLING AN AIRCRAFT FUEL SYSTEM

The article presents the assumptions, scope, and selected results of modelling an aircraft fuel installation. The research object was the installation in the PZL-Mielec M-18 Dromader fitted as standard with the ASz-62IR engine. The tests were carried out using the Dymola software in the module for analysing fluid flow. The model parameters were identified on a special test bench. The research scope covers the analysis of the fuel flow inside the pipe system of the fuel installation, tanks, fuel pumps, and valves including the geometry developed based on the technical documentation of the aircraft installation under varied operation conditions. The sample results are presented in diagrams.

Key words: a fuel system, an aircraft engine, modeling

Badania modelowe lotniczego układu paliwowego

W artykule przedstawiono założenia, zakres oraz wybrane wyniki badań modelowych lotniczej instalacji paliwowej. Obiektem badań był instalacja samolotu PZL M18 Dromader wyposażonego standardowo w silnik ASz-62IR. Badania przeprowadzono z wykorzystaniem programu Dymola w module do analizy przepływów płynów. Parametry modelu zostały zidentyfikowane na specjalnie opracowanym stanowisku badawczym. Zakres badań obejmował analizę przepływu paliwa wewnątrz systemu przewodów instalacji paliwowej, zbiorników, pompy paliwa oraz zaworów z uwzględnieniem geometrii opracowanej na podstawie dokumentacji technicznej samolotowej instalacji w różnych warunkach pracy. Przykładowe wyniki badań przedstawiono w formie wykresów.

Słowa kluczowe: układ paliwowy, silnik lotniczy, badania modelowe

Mirosław WENDEKER

PTNSS-2011-SC-036

Lukasz GRABOWSKI

Rafał SOCHACZEWSKI

Piotr JAKLIŃSKI

Paweł MAGRYTA

Konrad PIETRYKOWSKI

THEORETICAL ANALYSIS OF A HYDROGEN SUPPORT FOR THE COMBUSTION IN AN AUTOMOTIVE ENGINE

This paper presents the results of the modelling of the combustion of a gasoline and HHO mixture in SI engines. HHO stands for a hydrogen and oxygen mixture which is a product of the operation of an electrolyser mounted in a vehicle. The engine model was based on a real object, i.e.

Holden C20LE. It is a 4-cylinder, 4-stroke engine of 2 dm³ displacement. The modelling was conducted using the AVL BOOST software and based on the previously developed zero-dimensional engine model. 10 different values of the composition of the combustible mixture were tested. The analysis focused on mean indicated pressure, volumetric efficiency, and the course of heat emission. Also, the performances of the engine fueled by gasoline and a mixture composed of 90% of gasoline and 10% of HHO were compared.

Key words: hydrogen, a combustion engine, modelling, a zero-dimensional model

Analiza teoretyczna wodorowego wspomaganie spalania w silniku samochodowym

W niniejszym artykule przedstawiono wyniki badań modelowych procesu spalania mieszaniny benzyny oraz HHO w silniku o zapłonie iskrowym. Przez oznaczenie HHO należy rozumieć mieszaninę wodoru i tlenu, będącą produktem działania elektrolizera znajdującego się na pokładzie pojazdu. Model silnika został oparty na rzeczywistym obiekcie o nazwie Holden C20LE. Jest to czterocylindrowy, czterosurowy silnik o pojemności skokowej równej 2 dm³. Badanie modelowe przeprowadzono w programie AVL BOOST, w oparciu o również wcześniej opracowano zero-wymiarowy model silnika. Przebadano 10 różnych wartości składu mieszaniny palnej. Analizie poddano średnie ciśnienie indykowane, sprawność wolumetryczną oraz przebieg wydzielania się ciepła. Porównano również osiągi silnika zasilanego benzyną oraz zasilanego mieszaniną składającą się z 90% benzyny i 10% HHO.

Słowa kluczowe: wódór, silnik spalinowy, modelowanie, model zerowymiarowy

Sebastian BROL

PTNSS-2011-SC-039

Jarosław MAMALA

Jerzy JANTOS

UTILIZATION OF MULTIPLE QUANTITY SENSORS FOR ESTIMATION OF CHARACTERISTICS OF INTERNAL COMBUSTION ENGINE

In this paper method of estimation of combustion engine power and torque based on road test is shown. In this particular test the measurement is performed using three axial accelerometer and rate gyroscope fastened to car's chassis. Estimation of main engine characteristics is made with use of measured quantities such as: car mass and acceleration collected in function of vehicle linear velocity. The most essential problems in this approach, considered as primary method errors, are minimization of underestimation of moment of inertia of rotating elements in drivetrain and efficiency of drivetrain itself. Moreover it is vital to determine as precise as possible vehicle acceleration and its linear velocity in presence of disturbances – mainly chassis movements and additional accelerations, which comes from pavement unevenness (roughness). In this article application of several sensors of different quantities for increase of accuracy of PAAF II (Power Acceleration And Force) device in relation to prototype device predecessor is taken into consideration. Results of utilization of measurements data and calculation algorithms specific for both devices were compared in aspects of estimation of engine power as well as torque.

Key words: write engine power, torque, estimation, road test, 3-axial accelerometer

Zastosowanie sensorów wielu wielkości do estymacji charakterystyk silnika spalinowego

W pracy przedstawiono metodę estymacji przebiegów momentu i mocy silnika w oparciu o test drogowy, w którym bezpośredni pomiar wykonywany jest z użyciem trzyosiowego akcelerometru

i żyroskopu zamocowanych do nadwozia samochodu. Estymacja podstawowych charakterystyk silnika realizowana jest w oparciu o zmierzone masę pojazdu i przyspieszenie w funkcji jego prędkości liniowej. Podstawowymi problemami w tym podejściu, które uznawane są za podstawowe błędy metody, są minimalizacja niedoszacowania masowego momentu bezwładności elementów wirujących oraz sprawności układu przeniesienia napędu. Ponadto istotne jest także jak najdokładniejsze określenie przyspieszenia i prędkości liniowej pojazdu w obecności zakłóceń - głównie ruchów nadwozia i dodatkowych przyspieszeń pochodzących od nierówności drogi. W tej pracy omówiono zastosowanie czujników wielu wielkości do zwiększenia dokładności urządzenia PAAF II (Power Acceleration And Force) w odniesieniu do urządzenia prototypowego. Porównano wyniki estymacji przebiegu mocy, siły napędowej i momentu dokonanych za pomocą pomiarów i algorytmów obliczeniowych właściwych dla obu urządzeń.

Słowa kluczowe: moc silnika, moment, estymacja, test drogowy, akcelerometr trzyosiowy

Oleh KLYUS

PTNSS-2011-SC-040

REDUCING FUEL CONSUMPTION AND EMISSIONS OF FISHING BOATS ENGINES

The article presents the results of the selected piston engines boats and fishing boats using pre-treatment, taking into account the fuel content of sea water in the fuel.

Key words: exhaust emission, fishing boats, fuel injection

Zmniejszenie zużycia paliwa i obniżenie toksyczności spalin silników rybackich jednostek pływających

W artykule przedstawiono wyniki badań wybranych silników tłokowych kutrów i łodzi rybackich przy wykorzystaniu wstępnej obróbki paliwa z uwzględnieniem zawartości w paliwie wody morskiej.

Słowa kluczowe: dodatek wody do paliwa, wtrysk paliwa, parametry robocze silnika, silnik łodzi rybackich

Marek SWAT

PTNSS-2011-SC-042

THE EFFECT OF NO/NO₂ CONVERSION IN THE DOC_{NO2}-CSF-LNT SYSTEM ON THE TOXIC SUBSTANCES EMISSION FROM DIESEL ENGINE

An own engine research results of the simultaneous nitric oxides reduction and particulate matters oxidizing system in the Diesel engine exhaust system were presented. The additional generation of NO₂ (by using the DOC_{NO2} conversion reactor) and the oxidation conditions and effects of the particulate matter in the CSF filter in the CCRT system does not cause an additional increase of NO_x emissions from Diesel engine was founded. It was found that the elimination of the "syndrome PM-NO_x" in the diesel engine, by using the conversion reactor in combination with the soot filter and possibly the NO_x storage reactor, is possible and effective.

Key words: NO/NO₂ conversion, CI engine, environmental protection

Wpływ konwersji NO/NO₂ w systemie DOC_{NO2}-CSF-LNT na emisję substancji toksycznych z silnika o ZS

Przedstawiono wyniki własnych badań systemu jednoczesnej redukcji tlenków azotu i utleniania cząstek stałych w układzie wylotowym silnika o zapłonie samoczynnym. Stwierdzono, że dodatkowe generowanie NO₂ (przez zastosowanie reaktora konwersyjnego DOC_{NO2}) oraz warunki i efekty utleniania cząstek w filtrze spalin CSF nie powodują dodatkowego wzrostu emisji NO_x z silnika o zapłonie samoczynnym. Stwierdzono, że eliminacja „syndromu PM-NO_x” w silniku o zapłonie samoczynnym, przez zastosowanie

reaktora konwersyjnego w połączeniu z filtrem spalin i ewentualnie z reaktorem magazynującym NO_x, jest możliwa i skuteczna.

Słowa kluczowe: konwersja NO/NO₂, silnik ZS, ochrona środowiska

Marek LUTOWICZ
Dominika CUPER

PTNSS-2011-SC-043

PROCESS MODELING INSIDE CYLINDER IN AN INTERNAL COMBUSTION ENGINE WITH HEAT REGENERATION

Description The Department of Marine Power Naval Academy are working on constructing a piston internal combustion engine with heat regeneration modeled on Stirling engine. The essence of the project is the engine of the characteristics of both diesel engines and Stirling. This engine is structurally similar to β -type Stirling engine, that implements the open circuit. This engine is characterized in that the compression and delivery of heat from the regenerator performs as in the Stirling cycle, while providing heat from the combustion and expansion as it pursues the diesel cycle. The exhaust gases before they are removed from the cylinder and replaced with cold air dissipates heat to the regenerator. Heat stored in the regenerator is used to heat the compressed air in the next cycle. The main advantages of the proposed solution is that: to provide heat in an internal combustion occurs without loss of exchange and allows for a short pulse of higher temperature than in the Stirling engine. High temperature working medium, as in a diesel engine and heat recovery, as in Stirling engine provides high performance engine that is the subject of the project. Current research is limited to the engine constructed model studies. Theoretical circuit of the engine actually shows the efficiency of a Carnot cycle efficiency close at the same temperatures. In practice there are deviations from the theoretical cycle, hence to implement the necessary studies, modeled the processes taking place inside the cylinder, which moves displacer piston sharing workspace in the hot and cold chamber connected to a slot regenerator. Both the existing models of internal combustion engines and Stirling engines fired models allow direct modeling of the proposed workflow engine. A model which is a combination of typical elements in the modeling process in the engines of both types.

Key words: diesel engine, a Stirling engine, heat recovery

Modelowanie procesów wewnątrzcyldrowych w silniku spalania wewnętrznego z regeneracją ciepła

W Katedrze Siłowni Okrętowych Akademii Marynarki Wojennej trwają prace nad skonstruowaniem tłokowego silnika spalania wewnętrznego z regeneracją ciepła wzorowaną na silniku Stirlinga. Istotą projektu jest silnik o cechach zarówno silnika Diesla jak i Stirlinga. Silnik ten konstrukcyjnie jest zbliżony do silnika Stirlinga typu β , z tym że realizuje obieg otwarty. Silnik ten charakteryzuje się tym, że sprężanie i dostarczanie ciepła z regeneratora realizuje tak jak w obiegu Stirlinga, natomiast dostarczanie ciepła ze spalania i rozprężanie realizuje tak jak w obiegu Diesla. Spaliny zanim zostają usunięte z cylindra i zastąpione zimnym powietrzem oddają ciepło do regeneratora. Zmagazynowane w regeneratorze ciepło zostanie wykorzystane do podgrzania powietrza sprężonego w następnym cyklu. Głównymi zaletami proponowanego rozwiązania jest to, że: dostarczenie ciepła podczas spalania wewnętrznego następuje bez strat wymiany i umożliwia uzyskanie w krótkim impulsie wyższej temperatury niż w silniku Stirlinga. Wysoka temperatura czynnika roboczego, jak w silniku Diesla i regeneracja ciepła, jak w silniku Stirlinga zapewni wysoką sprawność silnika będącego przedmiotem projektu. Obecnie badania konstruowanego silnika ograniczono do badań modelowych. Obieg teoretyczny tego silnika faktycznie wykazuje sprawność bliską sprawności obiegu Carnota przy tych samych temperaturach. W praktyce wystąpią jednak odstępstwa od

obiegu teoretycznego, stąd w celu wykonania niezbędnych analiz, zamodelowano procesy zachodzące wewnątrz cylindra, w którym porusza się wypornik dzielący przestrzeń roboczą na komorę gorącą i zimną połączone szczeliną regeneratora. Zarówno istniejące modele silników spalinowych jak i modele silników Stirlinga nie umożliwiły bezpośredniego zamodelowania procesu roboczego projektowanego silnika. Opracowano model stanowiący kombinację elementów typowych przy modelowaniu procesów w silnikach obu typów.

Słowa kluczowe: silnik ZS, silnik Stirlinga, regeneracja ciepła

Dominika CUPER
Marek LUTOWICZ

PTNSS-2011-SC-044

OPTIMIZATION OF THE GEOMETRY OF THE CRANKSHAFT FOR AN INTERNAL COMBUSTION ENGINE WITH HEAT REGENERATION

The paper presents an example of solutions for internal combustion engine crank system with regenerative heat exchanger similar to beta Stirling engine beta type, which rhomboidal fulfill the conditions of asymmetric complex movements of the piston and displacer at the cycle time. Despite of the similarity of the proposed engine to β -type Stirling engine, the typical for this type of engine careful diamond system cannot be used. Therefore appear a need to design a new solution of the crank system. To ensure the feasibility of the assumed work cycle, the system should allow for movement of the crank and piston displacer such that at the time of charge exchange and compress displacer remained in the outer turning position and the space volume between cylinder head and hot displacer goes to 0, and that in the expansion stroke work took place in the hot chamber and cold space volume between the piston and displacer sought to 0.

Key words: crank system, diesel engine, heat recovery, Stirling engine

Optymalizacja geometrii układu korbowego dla potrzeb silnika spalania wewnętrznego z regeneracją ciepła

W referacie przedstawiono przykład rozwiązania układu korbowego dla silnika spalania wewnętrznego z regeneracją ciepła wzorowanego na silniku Stirlinga typu β , który spełniałby warunki niesymetrycznych złożonych ruchów tłoka i wypornika w czasie realizacji obiegu. Pomimo podobieństwa projektowanego silnika do silnika Stirlinga typu β , nie można wykorzystać typowego dla tego typu silników układu romboidalnego. Pojawiła się więc potrzeba zaprojektowania nowego rozwiązania układu korbowego. Dla zapewnienia możliwości wykonania założonego cyklu pracy, układ korbowy powinien umożliwić ruchy tłoka i wypornika takie, aby w czasie wymiany ładunku i sprężania wypornik pozostawał w zewnętrznym zwrotnym położeniu, a objętość przestrzeni gorącej pomiędzy głowicą i wypornikiem dążyła do 0, oraz aby w suwie pracy rozprężanie odbywało się w komorze gorącej a objętość przestrzeni zimnej między tłokiem i wypornikiem dążyła do 0.

Słowa kluczowe: silnik spalinowy, silnik Stirlinga, regeneracja ciepła

Stanisław POLANOWSKI
Rafał PAWLETKO

PTNSS-2011-SC-045

GMP DETERMINATION OF MARINE ENGINES USING THE POLYNOMIAL MODEL OF THE COMPRESSION CURVE EXPONENT

The paper presents a model of the compression process based on the polynomial exponent. The curve of compression was approximated with model in which the polytropic exponent was replaced by a polynomial of third degree as a function of the piston way. In addition to the five auxiliary parameters, the main parameters of the model are: piston TDC position, the total compression ratio, indication graph offset and crank system pa-

parameter λ , which value is generally known. The function of gas blowing was also introduced to model, which shape is presently assumed. Parameters values were determined by the least squares methods and the theory of experiment. The method was tested on various types of ship engines, for measurements performed on the indicator valves of the different sensors and for different methods of generating the angular axis, which factors are not taken into account for the methods presented in the literature. The proposed model allows a reliable determination of the piston TDC position with an accuracy sufficient for diagnostic purposes and reaching $\pm 0,05^\circ$ CA.

Key words: Top Dead Center position determination, indication graph, marine engine, polynomial exponent

Wyznaczanie GMP silników okrętowych z zastosowaniem wielomianowego modelu wykładnika krzywej sprężania

W artykule przedstawiono model procesu sprężania bazujący na wykładniku wielomianowym. Przebieg sprężania przybliżono modelem, w którym wykładnik politropy zastąpiono wielomianem potęgowym trzeciego stopnia w funkcji drogi tłoka. Oprócz pięciu parametrów pomocniczych, głównymi parametrami modelu są: położenie GMP tłoka, całkowity stopień sprężania, offset wykresu indykatorowego i parametr układu korbowego λ , którego wartość jest na ogół znana. Do modelu wprowadzono także funkcję przedmuchów gazu, której postać jest obecnie zakładana. Wartości parametrów wyznaczane są metodą najmniejszych kwadratów oraz metodami teorii eksperymentu. Metodę sprawdzono na silnikach okrętowych różnych typów, dla pomiarów wykonywanych na zaworach indykatorowych czujnikami różnych typów oraz dla różnych metod generowania osi kątownej, które to czynniki nie są brane pod uwagę w przypadku metod prezentowanych w dostępnej literaturze. Opracowany model umożliwia pewne oraz powtarzalne wyznaczanie położenia GMP tłoków silników okrętowych z dokładnością wystarczającą dla celów diagnostycznych i sięgającą $\pm 0,05^\circ$ OWK.

Słowa kluczowe: wyznaczenie położenia GMP, wykres indykatorowy, silnik okrętowy, model z wykładnikiem wielomianowym

Marek SUTKOWSKI

PTNSS-2011-SC-046

WÄRTSILÄ 18V50SG – THE WORLD'S BIGGEST FOUR-STROKE SPARK-IGNITED GAS ENGINE

In 2010 Wärtsilä introduced brand new four-stroke spark-ignited lean-burn gas engine to its portfolio. The new engine generates close to 19 MW of power with efficiency about 46%. The product follows market needs and expectations for decentralised power generation combined with reliable and flexible operation. In this paper technical specification of the Wärtsilä 180V50SG will be presented. The description will include development background as well as the engine operation performance, emission levels and fuel requirements. The main components of the engine and applied technology will be also described. Finally, some typical applications of the Wärtsilä 18V50SG will be shown including the newest power plant concept for high-efficiency decentralised power generation. The most significant operational features of the engine will be also covered in this paper.

Key words: four-stroke spark-ignited lean-burn gas engine

Wärtsilä 18V50SG – największy na świecie czterosurowy silnik gazowy o zapłonie iskrowym

W 2010 roku Wärtsilä wprowadziła do oferty nowy czterosurowy silnik gazowy o zapłonie iskrowym spalający mieszanki ubogie. Nowy silnik ma moc nominalną około 19 MW i charakteryzuje się sprawnością 46%. Ten nowy produkt jest odpowiedzią na zapotrzebowanie rynku silników gazowych oraz rosnących oczekiwań branży

zdecentralizowanej energetyki charakteryzującej się wysoką pewnością działania oraz elastycznością pracy obiektów. Artykuł prezentuje dane techniczne silnika Wärtsilä 18V50SG. Opis zawiera tło całego procesu rozwoju nowego silnika oraz parametry operacyjne silnika takie jak osiągi, emisje oraz wymogi odnośnie paliwa gazowego, którym silnik może być zasilany. Dodatkowo najważniejsze komponenty silnika oraz zastosowana technologia została uwzględniona w artykule. Ponadto artykuł przedstawia też typowe zastosowania silnika Wärtsilä 18V50SG obejmując również najnowszą elektrownię koncepcyjną dla zdecentralizowanej wysokosprawnej energetyki. Ta część obejmuje również główne aspekty pracy tego silnika.

Słowa kluczowe: czterosuwowy silnik gazowy o zapłonie iskrowym zasilany mieszkanką ubogą

Dariusz SZPICA
Jarosław CZABAN

PTNSS-2011-SC-047

THE FLEXIBILITY OF CAR THE DIESEL ENGINES ON EXAMPLE OF GROUP 1.9TDI OF FIRM THE VOLKSWAGEN

The article presents an analysis of the coefficient of the flexibility 1.9TDi engines. Knowledge of flexibility as a whole, as well as the components of this parameter, the flexibility of the torque and speed is not only a basis for comparison, but it is the starting point in determining the characteristics of the traction vehicle. Statistical summary of the unmodified engine (factory) allowed the evaluation of the analyzed parameters and the comparison with engines modified vetch-founded the differences between them. Proposed to operate a supply of motion that a supplementary parameter.

Key words: combustion engine, flexible engine, research

Elastyczność samochodowych silników wysokoprężnych na przykładzie grupy 1.9TDi firmy Volkswagen

W artykule przedstawiono analizę współczynnika elastyczności silników 1.9TDi. Znajomość elastyczności jako całości, jak też wartości elementów składowych tego parametru tj. elastyczności momentu obrotowego i prędkości obrotowej stanowi nie tylko podstawę w celach porównawczych, ale jest punktem wyjścia przy wyznaczeniu charakterystyki trakcyjnej pojazdu. Zestawienie statystyczne silników niemodyfikowanych (fabrycznych) pozwoliło na ocenę analizowanego parametru, a porównanie z silnikami modyfikowanymi wykazało różnice między nimi. Zaproponowano operowanie zapasem ruchu jak i parametrem uzupełniającym.

Słowa kluczowe: silnik spalinowy, elastyczność silnika, badania

Marek ORKISZ
Witold POSIEWAŁA
Tomasz WOŁOSZYN
Piotr WYGONIK

PTNSS-2011-SC-048

SIMPLE MODEL OF A HYBRID-ELECTRIC PROPULSION SYSTEM FOR AN UNMANNED AERIAL VEHICLE

The paper presents an attempt of building a simple virtual model of a hybrid-electric propulsion system meant for driving an UAV (unmanned aerial vehicle). The model of the propulsion system was built in Matlab-SIMULINK environment. The model presented in this paper is only a preliminary one being a conception for further development. It was based on static mechanical characteristics of both propulsive units – electric motor and piston engine, where the latter one is treated as a main unit, while the former one (electric motor) is a supporting device. The model is meant to enable estimating

of energy demands of the propulsion system for a given stationary state of work. The paper contains preliminary results of simulations carried on the elaborated model.

Key words: hybrid-electric propulsion system, unmanned aerial vehicle

Prosty model hybrydowego zespołu napędowego do bezzałogowego aparatu latającego

W artykule zaprezentowano próbę zbudowania prostego modelu symulacyjnego hybrydowego zespołu napędowego, przeznaczonego do napędu BAL (bezzałogowego aparatu latającego). Model zespołu napędowego został zbudowany w środowisku Matlab-SIMULINK. W artykule zaprezentowano wstępny model, jako bazę do dalszego rozbudowania. Model oparty został o statyczne charakterystyki mechaniczne obu silników – elektrycznego i tłokowego. Silnik tłokowy z założenia ma spełniać rolę głównej jednostki napędowej, silnik elektryczny jest urządzeniem wspomagającym. Głównym przeznaczeniem modelu jest możliwość określania zapotrzebowania energetycznego całego układu, w przyjętym stacjonarnym stanie pracy. Praca zawiera wstępne wyniki symulacji, prowadzonych przy użyciu opracowanego modelu.

Słowa kluczowe: hybrydowy zespół napędowy, bezzałogowy aparat latający

Ryszard LEWKOWICZ
Ryszard ŚCIEGIENKA
Piotr PIĄTKOWSKI

PTNSS-2011-SC-049

THE STATE AND DEVELOPMENTAL TENDENCIES OF SMOOTHING PROCESS OF COMBUSTION ENGINES ELEMENTS

The article presents the possibility of obtaining by micro-smoothing with the foil abrasive tapes the very smooth surfaces of combustion engines elements. There was presented the review of possible to working combustion engines elements with this method as well as the specialized belt smoothing machines of world firms. There are introduced the prototypes, designed by the authors, of modern heads to micro-smoothing of external surfaces as well as the unique heads to micro-smoothing of internal cylindrical surfaces. The results of own laboratory researches of multi-treatment micro-smoothing process of steel and ceramic rolls are presented. There are given technological directions enabling to choose the foil abrasive tapes and to develop a technological process, enabling to obtain assumed, the highest, quality of worked surface with minimum worn surfaces of used tapes and large efficiency of processing. There are shown topographies of surface of rolls made from zirconium ceramics before and after micro-smoothing, with very low final roughness $Ra \leq 0.02 \mu m$.

Key words: the micro-finishing, superfinish, micro-smoothing, foil abrasive tapes, machine tools to micro-smoothing

Stan i tendencje rozwojowe gładkościowej obróbki elementów silników spalinowych

W artykule przedstawiono możliwości uzyskania bardzo gładkich powierzchni elementów silników spalinowych poprzez mikrowygładzanie foliowymi taśmami ściernymi. Zaprezentowano przegląd możliwych do obrobienia tą metodą elementów silników spalinowych oraz specjalizowane mikrowygładzarki taśmowe światowych firm. Przedstawiono prototypy zaprojektowanych przez autorów nowoczesnych głowic do mikrowygładzania powierzchni zewnętrznych oraz unikatowych głowic do mikrowygładzania wewnętrznych powierzchni walcowych. Zaprezentowano wyniki własnych badań laboratoryjnych procesu wielozabiegowego mikrowygładzania wałków stalowych i ceramicznych. Podano wskazania technologiczne umożliwiające dobranie zbioru foliowych taśm ściernych i

opracowania procesu technologicznego, umożliwiającego uzyskanie zakładanej, najwyższej, jakości powierzchni obrabianej przy minimalnych powierzchniach zużytych taśm i dużej wydajności obróbki. Przedstawiono topografie powierzchni wałków wykonanych z ceramiki cyrkonowej przed i po mikrowygładzaniu, o bardzo niskiej chropowatości końcowej $Ra \leq 0,02 \mu m$.

Słowa kluczowe: microfinishing, superfinisz, mikrowygładzanie, dogładzanie, foliowe taśmy ściernie, obrabiarki do mikrowygładzania

Jacek KROPIWNICKI
Maciej ZIÓLKOWSKI

PTNSS-2011-SC-050

ANALYSIS OF THE TORQUE RESPONSE OF A CAR ENGINE TO THE STEP CHANGE OF THE CONTROL SIGNAL

The paper presents the tests results of a car engine under transient conditions. Conditions of the engine operation resulted from the ongoing cycle of driving in traffic and the applied control of the propulsion system. Traction of the vehicle were measured using the GPS system with the phenomenological correction of height at which it was. Selected parameters of the engine were measured using the system, which communicates with the on-board CAN network. Engine torque was calculated on the basis of the vehicle resistance balance. Transient conditions were forced by rapid change of engine control signal. During the tests differences of torque generated by engine under transient and steady-state conditions have been registered for the same control signal. Basing on the received results a new algorithm of transient torque calculation has been proposed. In the presented model value of the transient torque has been combined with the engine control signal and others engine parameters, which describe transient history of the engine.

Key words: internal combustion engines, transient conditions, modeling of the torque course, road tests

Analiza przebiegu momentu obrotowego silnika samochodu osobowego po skokowej zmianie sygnału sterowania

W pracy zamieszczono wyniki badań silnika samochodu osobowego w warunkach nieustalonych. Stan obciążenia silnika wynikał z realizowanego cyklu jezdowego w warunkach drogowych oraz sposobu sterowania układem napędowym. Parametry trakcyjne pojazdu mierzone były za pomocą systemu GPS z fenomenologiczną korektą sygnału wysokości, na której się on znajdował. Wybrane parametry pracy silnika mierzone były za pomocą systemu komunikującego się z pokładową siecią CAN. Moment obrotowy silnika obliczany był na podstawie bilansu oporów ruchu pojazdu. W pracy zamieszczono wyniki testów drogowych odpowiadających intensywnemu przyspieszaniu po gwałtownym wciśnięciu pedału przyspieszenia. Zaproponowano również opis obserwowanego zjawiska za pomocą odpowiedniego modelu, który uzależnia chwilową wartość momentu obrotowego silnika od wartości sygnału sterowania po skokowej zmianie nastawy oraz od historii dynamicznej silnika. Przedstawione wyniki badań potwierdzają zasadność takiego opisu modelowanego zjawiska.

Słowa kluczowe: silniki spalinowe, warunki nieustalone, modelowanie przebiegu momentu obrotowego, testy drogowe

Jacek KROPIWNICKI
Maciej ZIÓLKOWSKI

PTNSS-2011-SC-051

MEASUREMENT OF ENGINE AND VEHICLE PARAMETERS USING ONBOARD CAN NETWORK

Nowadays cars are equipped with a large number of electronic systems that require a mutual exchange of information. Independent technical problems connecting a large number of drivers have led to

the development of onboard networks for data exchange. The most popular one is the CAN system. The paper presents a method for identification of message frames transmitted over the vehicle's CAN network by the drivers. The paper describes a method for identifying a group of bits representing a specified parameter of the engine or vehicle and its calibration for the assumed units of measurement. Special procedures for the identification of groups of bits representing a specified parameter have been also presented. The method enables very fast to create a non-invasive measurement system. Installation of the measuring system is the combination of the recording equipment with OBD diagnostic socket. Moreover, in the case of vehicles of the same maker, the same messages frames are used. This means shortening the preparation of a measurement system to calibrate the signals for the accepted units of measurement.

Key words: CAN system, engine tests, measurement systems, vehicle controllers

Pomiar parametrów pracy silnika i pojazdu z wykorzystaniem pokładowej sieci CAN

Współczesne samochody wyposażane są w dużą liczbę układów elektronicznych, które wymagają wzajemnej wymiany informacji. Techniczne problemy niezależnego łączenia ze sobą dużej liczby sterowników doprowadziły do powstania pokładowych sieci wymiany danych. Do najpopularniejszych z nich zalicza się obecnie system CAN. W pracy przedstawiono metodę rozpoznawania ramek wiadomości transmitowanych w pokładowej sieci CAN pojazdu przez sterowniki. Zaprezentowano również metodę identyfikacji grupy bitów reprezentujących określony parametr pracy silnika lub pojazdu oraz jego kalibracji dla przyjętych jednostek pomiarowych. W ramach niniejszej pracy przygotowano specjalne procedury sterowania układem napędowym samochodu służące identyfikacji grupy bitów reprezentujących określony parametr pracy. Opracowana metoda umożliwia niezwykle szybkie i nieinwazyjne stworzenie systemu pomiarowego. Instalacja systemu pomiarowego polega na połączeniu urządzenia rejestrującego z gniazdem diagnostycznym OBD. Ponadto, w przypadku pojazdów tej samej marki, używane są te same identyfikatory ramek wiadomości przez sieć pokładową CAN. Oznacza to skrócenie prac nad przygotowaniem systemu pomiarowego do skalibrowania sygnałów dla przyjętych jednostek pomiarowych.

Słowa kluczowe: system CAN, badania silników, systemy pomiarowe, sterowniki pojazdu

Maciej ZIÓLKOWSKI
Jacek KROPIWNICKI

PTNSS-2011-SC-052

IDENTIFICATION ANALYSIS OF DYNAMIC CHANGES IN THE COMPOSITION OF BIOGAS AND THEIR IMPACT ON THE OPERATION OF INTERNAL COMBUSTION ENGINES

In the paper the results of analysis of the composition of the biogas from a municipal landfill have been presented. Biogas is formed naturally in the fermentation process that occurs in an organic part of landfill and may be realized during about 20 years. Collected biogas is used as a fuel for power generator sets equipped with spark-ignition engines adapted to be fuelled with biogas. Landfill biogas is characterized by considerable changes in its composition that changes during the whole period of fermentation process. Particularly important are changes in methane content, which defines the energetic value of fuel and significantly affect the work of biogas engines in generator sets. In this paper, based on the results of the biogas content investigation, are presented the scope and dynamics of the methane content in the biogas originated from a landfill. It is also discussed the impact of

dynamic changes in the biogas methane content on the operation and the durability of landfill biogas fuelled engines. The results suggested criteria that should be taken into consideration during the selection of landfill biogas-fueled engines.

Key words: internal combustion engines, alternative fuels, biogas, biogas power plants

Badania identyfikacyjne dynamicznych zmian składu biogazu oraz ocena ich wpływu na pracę silników spalinowych

W pracy zamieszczono wyniki badań składu biogazu pozyskiwanego na komunalnym wysypisku śmieci. Pozyskiwany biogaz jest wykorzystywany do zasilania biogazowych zespołów prądotwórczych wyposażonych w silniki o zapłonie iskrowym dostosowanych do zasilania tym paliwem. Pozyskiwany biogaz powstaje w sposób naturalny w procesie beztlenowej fermentacji zachodzącej przez ok. 20 lat, w organicznej części przyrody odpadów składowanych na wysypisku śmieci. Proces fermentacji charakteryzuje się tym, że w całym okresie eksploatacji wysypiska skład pozyskiwanego biogazu może się znacznie zmieniać. Szczególnie istotnymi są zmiany zawartości metanu, która definiuje wartość opałową paliwa oraz w istotny sposób wpływa na pracę silników w biogazowych agregatach prądotwórczych. W referacie, na podstawie wyników badań biogazu, przedstawiono zakres i dynamikę zmian zawartości metanu w biogazie pozyskiwanym z rozpatrywanego wysypiska śmieci. Omówiono również wpływ dynamicznych zmian zawartości metanu w biogazie na pracę i potencjalną trwałość silników zasilanych tym paliwem. Na podstawie uzyskanych wyników zaproponowano kryteria, które należy brać pod uwagę podczas doboru silników zasilanych biogazem wysypiskowym.

Słowa kluczowe: silniki spalinowe, paliwa alternatywne, biogaz, projektowanie silowni z silnikami spalinowymi

*Maciej ZIÓŁKOWSKI
Jacek KROPIWNICKI*

PTNSS-2011-SC-053

APPLICATION OF FMEA ANALYSIS FOR ASSESSING RELIABILITY AND RISK IN BIOGAS-FUELED ENGINES OPERATION PROCESS

In the paper the proposal for the use of FMEA (Failure mode and effects analysis) of possible failures in industrial installations with combustion engines has been presented. In recent years there has been observed rapid development of distributed energy sector, based on internal combustion engines. Such situation is the result of the policy of renewable energy sources use, especially the use of biogas as a fuel for engines installed in power plants. A large number of realized projects and lack of specialized offices having experiences in such projects realized without proper engineering control caused that the main decisive factor is the minimum investment cost. Targeting only the cost minimization often leads to the choice of solutions not properly matched to use biogas as the fuel. This may lead mainly to some mistakes in engines selection, which may cause an increased failure rate or reducing the overall power plant efficiency. In the paper is presented the practical application of reliability and risk analysis in assessing the correctness of the choice of engines fueled with biogas. In the examples there are presented some mistakes in engines selection and the practical use of FMEA in the risk assessment of the reliability and operation of biogas-fueled engines.

Key words: internal combustion engines, reliability analysis, alternative fuels, biogas, power plant designing

Wykorzystanie analizy FMEA w ocenie niezawodności i ryzyka eksploatacji silników zasilanych biogazem

W pracy zamieszczono propozycję wykorzystania analizy FMEA (ang. *Failure mode and effects analysis*) - analizy rodzajów i skutków możliwych błędów występujących w instalacjach przemysłowych z silnikami spalinowymi. Obserwowany w ostatnich latach rozwój energetyki rozproszonej, opartej na tłokowych silnikach spalinowych jest wynikiem m.in. prowadzonej polityki rozwoju wykorzystania odnawialnych źródeł energii (OZE) związanej z zagospodarowaniem biogazu, który może być wytwarzany w kontrolowanych warunkach w biogazowniach lub pozyskiwany z wysypisk śmieci. Duża ilość realizowanych projektów spowodowała nagły wzrost ofert związanych z projektowaniem i budową elektrociepłowni biogazowych. Wobec niemalże braku kontroli inżynierskiej nad procesem zamówień i realizacji tych projektów głównym czynnikiem decyzyjnym jest minimalny koszt inwestycyjny. Kierowanie się wyłącznie minimalizacją kosztów często prowadzi do wyboru rozwiązań niedostatecznie dostosowanych do zasilania biogazem. Dotyczy to głównie doboru silników i w konsekwencji może powodować ich zwiększoną awaryjność lub ograniczenie sprawności ogólnej obiektu. W referacie zaprezentowano praktyczne wykorzystanie analizy niezawodności i ryzyka do oceny poprawności doboru silników zasilanych biogazem. Na zamieszczonych przykładach zaprezentowano błędy popełniane podczas doboru silników w energetyce biogazowej oraz przedstawiono praktyczne wykorzystanie analizy FMEA w ocenie niezawodności i ryzyka eksploatacji silników zasilanych biogazem.

Słowa kluczowe: silniki spalinowe, analiza ryzyka, niezawodność silników, paliwa alternatywne, biogaz

Emil TOPORCER

PTNSS-2011-SC-054

FLOW MODELING IN AN INTERCOOLER

The paper deals with the numerical modeling of charging air flow and cooling air flow in a charge air intercooler. The intercooler is air/air type and is used for the four stroke compression ignition engine with the total displacement of 7.6 l. The CATIA – CAD software is used for modeling of the 3D space geometrical model of the intercooler. The preprocessor Gambit is used for the creating of the needed computational mesh and the Fluent – CFD software is then used for the simulation itself and the postprocessing. The charge air flow in the intercooler is evaluated through the simulation results. Consequently the places with the maximum values of the velocity magnitudes for the charging air flow and the cooling air flow can be found. The simulation shows that the maximum value of velocity magnitude for the charging air flow is in the area of the intercooler inlet. The maximum value of velocity between the cooling fins is found through the simulation. Through this the information for the optimization of the intercooler can be gained. The purpose of the simulation is to use the low temperatures of charging to obtain more effective energy utilization, the decrease of the environment ecological load compared with the standard solution.

Key words: intercooler, flow modeling, charge air, velocity magnitude

*Czesław JERMAK
Radomir MAJCHROWSKI
Jan MONIETA*

PTNSS-2011-SC-055

THE APPLICATION OF GEOMETRIC MEASUREMENT AND ANALYSIS IMAGES FOR MAPPING GEOMETRIC OF MODEL MARINE ENGINE INJECTION EQUIPMENT

The paper presents the application of modern methods to reproduce the geometric model of the injection equipment of medium speed

marine diesel engines. Geometric data were obtained on the basis of the new objects operated under natural conditions. Analysis of two-dimensional images was also used for modeling. The aim was to determine the geometrical features of the main elements of the injection equipment, and in this work exemplarily presents the results of measurements and modeling of the injector nozzle. As a result of geometrical measurements it was possible to obtain a set of points and on the basis of the development of the areas of digital objects. A computer program for modeling three-dimensional space (3D) mapped the test items.

Key words: marine engines, injection apparatus, transformation geometry

Zastosowanie pomiarów geometrycznych i analizy obrazów do odwzorowania modelu geometrycznego aparatury wtryskowej silnika okrętowego

W pracy przedstawiono zastosowanie nowoczesnych metod do odtworzenia modelu geometrycznego aparatury wtryskowej współczesnych średnioobrotowych okrętowych silników spalinowych. Dane geometryczne pozyskano na podstawie obiektów nowych i eksploatowanych w naturalnych warunkach. Do modelowania wykorzystano również analizę obrazów dwuwymiarowych. Celem było określenie cech geometrycznych głównych elementów aparatury wtryskowej, a w pracy przedstawiono przykładowo wyniki pomiarów i modelowania rozpylacza wtryskiwacza. W wyniku pomiarów geometrycznych możliwe było pozyskanie zbioru punktów i na ich podstawie opracowanie obszarów cyfrowych obiektów. Stosując program komputerowy do modelowania w przestrzeni trójwymiarowej (w formacie 3D) odwzorowano badane elementy.

Słowa kluczowe: silniki okrętowe, aparatura wtryskowa, odwzorowanie geometrii

*Andrzej BORAŃSKI
Franciszek SIEMIENIAKO*

PTNSS-2011-SC-056

EVALUATION OF QUALITY OF LPG INJECTORS ACTIVITY DEPENDING ON OPERATING PERIOD

In paper there was shown an influence of operating period on technical condition and quality of work of LPG installation, especially injectors. Analysis of injector parts consumption has been made, with special notice to elements made of plastic. Brand new injectors and few after mileage of about 10,000 km, 30,000 km, 50,000 km and 100,000 km were used in researches. Results allows us to monitor the exploitation process of gas injector. In paper there are also comparative researches on functioning differences between brand new and used injectors and analysis of the results.

Key words: LPG, injectors, consumption, steering process

Ocena jakości pracy wtryskiwaczy LPG w zależności od czasu eksploatacji

W pracy pokazano wpływ czasu eksploatacji na stan techniczny i jakość pracy instalacji LPG, zwracając szczególną uwagę na wtryskiwacze. Dokonano analizy zużycia poszczególnych elementów wtryskiwacza, a w szczególności elementów wykonanych z tworzyw sztucznych. Do badań wykorzystano wtryskiwacze fabrycznie nowe oraz używane po przebiegu około 10 tys km, 30 tys km, 50 tys km i 100 tys km. Pozwoliło to na prześledzenie procesu zużywania się wtryskiwacza gazowego. Wykonano badania porównujące pracę wtryskiwaczy nowych i używanych oraz dokonano analizy otrzymanych wyników.

Słowa kluczowe: LPG, wtryskiwacze, zużycie eksploatacyjne, sterowanie

*Jerzy MERKISZ
Maciej ANDRZEJEWSKI
Jacek PIELECHA*

PTNSS-2011-SC-057

COMPARISON OF CARBON DIOXIDE EMISSIONS IN REAL TRAFFIC CONDITIONS OF THE VEHICLE WITH THE VALUES OBTAINED IN THE CERTIFICATION TEST ON THE BACKGROUND OF EUROPEAN STANDARDS

The article presents the differences (dependencies) between the values of carbon dioxide emissions for motor vehicles obtained in carrying out European procedures which allow it to traffic on the roads, and the values of the carbon dioxide emissions obtained in real traffic conditions. Moreover, the article contains the results of measurements of fuel consumption by vehicles during their normal operation in urban and extra-urban traffic. These results were compared with those obtained in the study vehicle approval (carried out in accordance with the guidelines of the European NEDC driving test) in the emission of harmful substances in exhaust gases. The article summarizes the results of road tests of vehicles with catalog data, given by various manufacturers. In the article were analyzed the values of the calculated carbon dioxide emissions and fuel consumption of individual vehicles. Tests were performed under real operating conditions of vehicles in the city of Poznan and within it. Objects of study were passenger cars of different classes with gasoline and diesel engines. In the measurements was used SEMTECH-DS from Sensors Inc. – a mobile equipment for testing the toxicity of exhaust, which allows registration of various concentrations of the pollutants in the exhaust (using a set of suitable analyzers) and fuel consumption.

Key words: road tests, NEDC homologation test, CO₂ emissions, fuel consumption

Porównanie emisji dwutlenku węgla w rzeczywistych warunkach ruchu pojazdu z wartościami uzyskiwanymi w teście homologacyjnym na tle norm europejskich

W artykule zaprezentowano zależności między wartościami emisji dwutlenku węgla uzyskanymi dla pojazdów samochodowych podczas przeprowadzania europejskich procedur dopuszczających je do ruchu po drogach, a wartościami emisji dwutlenku węgla uzyskanymi w rzeczywistych warunkach ruchu. Ponadto artykuł zawiera wyniki pomiarów zużycia paliwa przez pojazdy podczas ich normalnej eksploatacji w ruchu miejskim i pozamiejskim. Wyniki te porównano z wynikami otrzymywanymi w badaniach homologacyjnych pojazdów (przeprowadzanych zgodnie z wytycznymi europejskiego testu jeźdnego NEDC) w zakresie emisji substancji szkodliwych w spalinach. W artykule zestawiono wyniki badań drogowych pojazdów samochodowych z danymi katalogowymi, podawanymi przez poszczególnych ich producentów. Analizie porównawczej poddano wartości obliczonej emisji dwutlenku węgla oraz zużycia paliwa przez poszczególne pojazdy. Badania wykonywano w rzeczywistych warunkach eksploatacji pojazdów na terenie miasta Poznania i w jego okolicy. Obiektami badań były samochody osobowe różnych klas, zarówno z silnikami ZI, jak i ZS. W pomiarach wykorzystano mobilną aparaturę do badań toksyczności spalin SEMTECH-DS firmy Sensors Inc., umożliwiającą rejestrację wartości stężeń poszczególnych związków szkodliwych w spalinach (za pomocą zestawu odpowiednich analizatorów) oraz zużycia paliwa.

Słowa kluczowe: badania drogowe, test homologacyjny NEDC, emisja dwutlenku węgla, zużycie paliwa

Władysław MITLANIEC
Marian FORMA

PTNSS-2011-SC-058

HEAT RELEASE IN A DIRECT FUEL INJECTION SI TWO-STROKE ENGINE

The paper presents a new method of determination of heat release rate on the base of experimental test in a two-stroke engine with direct gasoline injection. The target of the work was achieving of information about implementation of approximated Wiebe function in mathematical models and simulation computer programs of a combustion process in spark ignition two-stroke engine with direct fuel injection due to the lack of such data in the literature. The energy balance equations were derived in order to determine of heat release rate on the base of pressure measurements in the cylinder and change of the cylinder volume in the function of angle of crankshaft rotation. The paper presents several examples of heat release and approximate function, for which variable coefficients of Wiebe function were determined for certain rotational speeds at wide opening throttle. Pressure measurements were carried out on the engine Robin EC12 wit capacity 115 cm³. Determination of heat release and burned fuel rate was calculated by means of own computer program. The paper also presents the method of determination of variable specific heat coefficients in the function of crankshaft rotation, which are also used in modeling of the engine processes.

Key words: transport, two-stroke engines, direct fuel injection, heat release

Wydzielanie ciepła w dwusuwowym silniku ZI z bezpośrednim wtryskiem paliwa

Artykuł przedstawia nowy sposób określenia wydzielania się ciepła na podstawie badań eksperymentalnych pomiaru ciśnień w dwusuwowym silniku ZI z bezpośrednim wtryskiem benzyny. Celem pracy było otrzymanie informacji o implementacji aproksymowanej funkcji Wiebe w modelach matematycznych i programach symulacyjnych procesu spalania w dwusuwowym silniku o zapłonie iskrowym z bezpośrednim wtryskiem paliwa z powodu braku takich danych w literaturze. Wyprowadzono równania bilansu energii celem określenia wydzielania się ciepła na podstawie pomiarów ciśnienia oraz zmiany objętości cylindra w funkcji kąta obrotu wału korbowego. Przedstawiono kilka przykładów wydzielania się ciepła oraz aproksymowanych funkcji, dla których określono zmienne współczynniki Wiebe dla wybranych prędkości obrotowych i pełnego otwarcia przepustnicy. Badania pomiaru ciśnień w cylindrze zostały przeprowadzone na silniku Robin EC12 o pojemności skokowej 115 cm³. Określenie wydzielania się ciepła i stopnia spalania paliwa było obliczane za pomocą własnego programu komputerowego. Artykuł przedstawia również sposób określenia zmiennych współczynników ciepła właściwych w funkcji obrotu wału korbowego, które również są wykorzystywane w modelowaniu procesów silnikowych.

Słowa kluczowe: transport, silniki dwusuwowe, bezpośredni wtrysk paliwa, wydzielanie się ciepła

Grzegorz KOSZAŁKA
Miroslaw GUZIK
Andrzej NIEWCZAS

PTNSS-2011-SC-061

NUMERICAL SIMULATION OF THE RING TWISTS DURING DIESEL ENGINE OPERATION

The paper presents a mathematical model of ring pack of a diesel engine. A submodel of ring twists is described in details. Numerical algorithms applied and computer program worked out are characterised. A method of input data determination and results of simulations are also described. The results of initial simulations investigating the effect of engine operation condition on ring twists are presented. The

possible applications of the results of calculations in engine design is also discussed in the paper.

Key words: diesel engine, ring-pack, ring twist, blowby, oil film

Symulacyjne badania skręceń pierścieni uszczelniających podczas pracy silnika ZS

W artykule przedstawiono matematyczny model uszczelnienia tłok-pierścienie-cylinder silnika spalinowego o zapłonie samoczynnym, w szczególności podmodel opisujący skręcenia pierścieni tłokowych. Scharakteryzowano założenia modelu oraz opracowaną aplikację komputerową. Opisano sposób wyznaczania danych wejściowych oraz przedstawiono wyniki wstępnych badań wpływu warunków pracy silnika na skręcenia pierścieni. Omówiono możliwe obszary wykorzystania wyników badań symulacyjnych prowadzonych z wykorzystaniem opracowanego programu komputerowego.

Słowa kluczowe: silnik ZS, uszczelnienie pierścieniowe, skręcenia pierścieni, przedmuchy spalin, film olejowy

Łukasz PIASECKI

PTNSS-2011-SC-062

LMS VIRTUAL.LAB ORAZ LMS AMESIM – OPROGRAMOWANIE CAE STOSOWANE DO WIRTUALNEGO PROTOTYPOWANIA SILNIKÓW SPALINOWYCH

Oprogramowania LMS Virtual.Lab oraz LMS AMESim umożliwiają przeprowadzenie procesu wirtualnego prototypowania, począwszy od koncepcji inżynierskiej, a kończąc na wielokryterialnej optymalizacji całego projektu. Oprogramowanie LMS AMESim stosowane jest podczas projektowania procesów zachodzących w silnikach spalinowych. Użycie szeregu gotowych komponentów (takich jak pompy, zawory, wały korbowe, krzywki, wtryski), zebranych w biblioteki tematyczne, skraca czas projektowania do minimum. Elementy można dowolnie modyfikować, co umożliwia dopasowanie ich do indywidualnych potrzeb projektu. Oprogramowanie LMS Virtual.Lab stosowane jest do przeprowadzania analiz dynamicznych, akustycznych, analiz drgań oraz wytrzymałości zmęczeniowej. Możliwości pakietu zintegrowane są w jedno środowisko symulacyjne oparte o CATIA V5.

Słowa kluczowe: oprogramowanie CAD; CAE; komputerowe wspomaganie prac inżynierskich, optymalizacja silników spalinowych

Krzysztof SICZEK

PTNSS-2011-SC-065

THE USE OF THE SOUND LEVEL MEASUREMENT DURING TESTS OF THE RESISTANCE OF MOTION IN THE ASSEMBLY SEAT INSERT-VALVE-GUIDE FOR THE CAMLESS VALVE DRIVE

Experimental researches have been carried out on the research stand, which scheme has been given in the article. Driven magnetoelectrically, steel and titanium valves mating with guides and seat inserts made of cast iron have been the object of investigations. The aim of the study has been to derive the parameters characterizing the work of the assembly seat insert - valve - guide. It has been studied the lift and acceleration of the valve, the valve impact force into seat insert, the friction force between valve stem and the guide, the temperature of the guide and of seat insert. The sound level from the impact of valve into its seat insert has been measured, either. Tests have been performed for different values of the valve lift, the frequency of excitation and the temperature for components. The graphs obtained by measuring the sound level as a function of frequency and time, have been included in the article. Also a model of the research stand has been developed using Finite Element Method. In this model it

has been obtained distributions of sound pressure and of sound level, contained in the article. The results indicate the non-linear increase in noise levels as a function of excitation frequency, and sound pressure distributions suggest that the measurement microphone placement position during testing.

Key words: camless valvetrain, valve, guide, seat insert, resistance of friction, sounds level

Wykorzystanie pomiaru poziomu hałasu w czasie badań oporów ruchu w układzie gniazdo – zawór – prowadnica dla bezkrzywkowego napędu zaworu

Przeprowadzono badania eksperymentalne na stanowisku, którego schemat zamieszczono w artykule. Obiektem badań były napędzane magnetoelektrycznie zawory stalowe i tytanowe współpracujące z żeliwnymi prowadnicami i gniazdami. Celem badań było uzyskanie wartości parametrów charakteryzujących pracę układu gniazdo – zawór – prowadnica. Na stanowisku badano wznios i przyspieszenie zaworu, siłę uderzenia zaworu o gniazdo, siłę oporów tarcia trzonka zaworu o prowadnicę, temperaturę gniazda i temperaturę prowadnicy. Ponadto mierzono poziom hałasu uderzenia zaworu o gniazdo. Badania przeprowadzono dla różnych wartości wzniosu zaworu, częstotliwości wymuszenia oraz temperatury pracy elementów. W wyniku pomiarów uzyskano wykresy poziomu hałasu w funkcji częstotliwości i czasu, zamieszczone w artykule. Opracowano także model stanowiska badawczego z użyciem Metody Elementów Skończonych. W modelu tym uzyskano rozkłady ciśnienia akustycznego i poziomy hałasu, zamieszczone w artykule. Uzyskane wyniki wskazują na nieliniowy wzrost poziomu hałasu w funkcji częstotliwości wymuszenia, zaś rozkłady ciśnienia akustycznego sugerują miejsce umiejscowienia mikrofonu pomiarowego w czasie badań.

Słowa kluczowe: rozrząd bezkrzywkowy, zawór, prowadnica, gniazdo, opory ruchu, poziom hałasu

Karol Franciszek ABRAMEK

PTNSS-2011-SC-067

MODELLING OF ELEMENTS WEAR OF THE PISTON-RINGS-CYLINDER SYSTEM

Evaluation of the processes of wearing out of the piston-rings-cylinder system (PRC) can be introduced by the use of functional dependency of blowthrough intensity of the working substance to the engine's crankcase, as the flow of gases between elements of this system. Many structural and exploitation factors affect the tightness of the PRC arrangement. In the report only exploitation factors having the direct impact on the value of the summary field of the leakage, through which the flow of the medium to the crankcase of the piston combustion engine can take place. The impact of wear of cylindrical sleeve, wear the rings in the radial and axial direction and the wear of the groove in the piston were modelled. The leakage of the PRC system in experimental studies, during the tests on blowthrough was analysed with the presence of the lubricating oil. It has been showed, that the greatest impact on the intensity of blowthrough has increase of the width of the lock of the sealing ring, which is bound up with the wear of the external cylindrical surface of the ring. It was found that the measurement of the clearance value of the lock only on the first sealing ring, growing larger as a result of the exploitation can be used to the evaluation of the summary field of leakage, as a wear of piston-rings-cylinder system.

Key words: piston, rings, cylinder, wear, blow-by, combustion engine

Modelowanie zużycia elementów systemu tłok-pierścienie-cylinder

Ocenę procesów zużywania się systemu tłok-pierścienie-cylinder (TPC) można przedstawić za pomocą zależności

funkcjonalnej natężenia przedmuchów czynnika roboczego do skrzyni korbowej silnika, czyli jako przepływ gazów pomiędzy elementami tego systemu. Na szczelność układu TPC ma wpływ wiele różnych czynników konstrukcyjnych i eksploatacyjnych. W referacie analizowano tylko czynniki eksploatacyjne mające bezpośredni wpływ na wartość sumarycznego pola nieszczelności, przez które może następować przepływ czynnika do skrzyni korbowej tłokowego silnika spalinowego. Modelowano wpływ zużycia tulei cylindrowej, zużycie pierścieni w kierunku osiowym i promieniowym oraz zużycie rowka w tłoku. Nieszczelność układu TPC w badaniach eksperymentalnych, podczas badań przedmuchów, analizowano z obecnością oleju smarującego. Wykazano, iż na intensywność przedmuchów największy wpływ ma przyrost szerokości zamka pierścienia uszczelniającego, który związany jest ze zużyciem zewnętrznej powierzchni walcowej pierścienia. Dowiedziono, że pomiar wartości luzu zamka jedynie pierwszego pierścienia uszczelniającego, powiększający się w wyniku eksploatacji, może służyć do oceny sumarycznego pola nieszczelności, jako zużycia układu tłok-pierścienie-cylinder.

Słowa kluczowe: tłok, pierścienie, cylinder, zużycie, przedmuchy gazów, silnik spalinowy

Jan CZERWIŃSKI
Zbigniew STEPIEŃ
Stanisław OLEKSIĄK
Otto ANDERSEN

PTNSS-2011-SC-068

COMBINATIONS OF MEASURES FOR REDUCTION OF NO_x & NANOPARTICLES OF A DIESEL ENGINE

Reduction of NO_x and particle emissions of Diesel engines is worldwide an important challenge for the engineers. Some unregulated components, like NO₂, NH₃ and nanoparticles NP came in the focus of attention in the last years. Application of EGR and/or SCR can lower NO_x using RME (Bxx) can increase NO_x. What happens with NP, parameter which enters in some further steps of exhaust gas legislation in Europe? The present paper informs about the results with EGR, B100 and SCR obtained on a medium duty Diesel engine in the versions: Euro 3 (w/o EGR) & Euro 4 (with EGR), both without particle filter. The investigations were performed according to the procedures of the international network project VERT dePN (de-activation, de-contamination, disposal of particles & NO_x). The most important findings are: the EGR of the new engine version E4 is active at middle load; the NO_x reduction potentials in ETC with combinations of the investigated measures are: EGR reduces NO_x approx. in the same range, as B100 increases it (17-20%); SCR is the strongest reduction measure in the range of 73%. These potentials are similar at middle-load stationary operation; the influences on nanoparticles counts emissions (PC) depend on different factors and can partly change between stationary and dynamic operation and with the use of B100.

Key words: NO_x emission, nanoparticles, Diesel engine

Piotr JAWORSKI
Mateusz ŻBIKOWSKI
Andrzej TEODORCZYK

PTNSS-2011-SC-071

COMBUSTION OF ETHANOL-AIR MIXTURES IN CLOSED VESSEL – COMPARISON OF SIMULATIONS WITH THE USE OF RANS AND LES METHOD

Large Eddies Simulations (LES) has become recently a powerful computational tool with application to turbulent flows. It links classical Reynolds Averaged Navier–Stokes (RANS) approach

and Direct Numerical Simulation (DNS). This modeling approach computes the large eddies explicitly in a time-dependent simulation using the filtered Navier-Stokes equations. Filtering is essentially a mathematical manipulation of the exact Navier-Stokes equations to remove the eddies that are smaller than the size of the filter. LES resolves the large flow scales that depend directly on the geometry where small scales are modeled by the sub-grid-scale models. LES is expected to improve the description of the aerodynamic and combustion processes in Internal Combustion Engines. With LES it is possible to resolve the essential part of the flow energy, yielding reliable results. Proper predictions depend on the quality of sub-grid-scale (SGS) models. In this paper the results of computational analysis are compared with experimental results for combustion in constant volume chamber. In that way there is a possibility to see the difference in results of initial flame kernel and laminar flame development. Simulations were made with two CFD codes: Fire and Fluent, which allowed to compare the experimental and simulation results for RANS and LES method and make further improvement in LES combustion model for application in full engine simulation.

Key words: LES, RANS, internal combustion engines, Sub-Grid-Scale models, combustion, constant volume chamber

Spalanie mieszaniny etanolu z powietrzem w komorze o stałej objętości – porównanie wyników symulacji przy użyciu metody LES i RANS

LES jest znakomitym narzędziem obliczeniowym przepływów turbulentnych łączącym powszechnie używaną metodę RANS (*Reynolds Average Navier Stokes Equation*) z DNS (*Direct Numerical Simulation*). W skrócie metoda LES opiera się na zastosowaniu filtru do równań Naviera-Stokesa i wprowadzeniu rozdziału na zjawiska wielko-skalowe (duże wiry) oraz drobno-skalowe. Zjawiska wielko-skalowe są obliczane przez bezpośrednie rozwiązanie przefiltrowanych równań N-S, natomiast drobno-skalowe są modelowane w skali podsiatkowej. Możliwe jest dzięki temu bezpośrednie obliczenie dużych wirów i wirów biorących udział w procesie kaskadowym. Wiry małe, zależne głównie od lepkości są modelowane, ale wymaga to zastosowanie odpowiednio gęstej siatki od której zależy proces filtrowania. Filtrowanie jest matematyczną manipulacją równań N-S polegającą na wyodrębnieniu wirów z turbulentnego pola przepływu, które są większe niż wielkość zastosowanego filtru. Mimo to właściwe wyniki symulacji uzależnione są również od jakości modelowania w skali podsiatkowej. W pracy przedstawiono porównanie wyników badań eksperymentalnych i symulacyjnych procesu spalania mieszaniny etanolu z powietrzem w komorze o stałej objętości. Celem tej pracy jest przedstawienie pierwszych wyników dla tworzonego modelu spalania w LES.

Słowa kluczowe: LES, DNS, RANS, silniki tłokowe, Model SGS (podsiatkowy), spalanie

Marcin ZACHAREWICZ
Aleksy CWALINA

PTNSS-2011-SC-078

PRELIMINARY INVESTIGATIONS OF A GENERATING SET OF THE SHIP'S POWER STATION IN THE ASPECT OF DIAGNOSING SELECTED PARTS OF ITS CONSTRUCTIONAL STRUCTURE

In the paper the research problem and some results of preliminary investigations of a generating set of the ship's power plant are presented. The main purpose of the examinations was to develop a non-invasive method of evaluation technical conditions of selected structural elements of an undercharged diesel engine that was not equipped with indicator valves. The developed method is based on measurements of diesel engine exhaust gas pressure in exhaust

manifold and phase-to-phase voltage of the synchronous generator driven by the engine, at the same time. Measured energetic parameters were synchronized with the cycle of the engine operation by means of a vibration signal coming from one of its injectors. It was found out that diesel engine technical condition exerts significant influence on generated electric power quality.

Key words: generating set, marine internal combustion engine, diagnostics

Badania wstępne zespołu prądotwórczego elektrowni okrętowej w aspekcie diagnozowania wybranych elementów jego struktury konstrukcyjnej

W referacie przedstawiono program oraz wyniki badań wstępnych, których celem jest opracowanie bezinwazyjnej metody oceny stanu technicznego wytypowanych elementów struktury konstrukcyjnej tłokowego silnika spalinowego niedoładowanego, nie wyposażonego przez producenta w zawory indykatorowe. Opracowywana metoda polega na jednoczesnych pomiarach ciśnienia spalin w kanale wylotowym oraz napięć międzyfazowych prądnicy synchronicznej współpracującej z silnikiem. Mierzone parametry energetyczne zostały zsynchronizowane z cyklem roboczym silnika za pomocą sygnału drganiowego pozyskanego z wtryskiwacza. Stwierdzono, że stan techniczny silnika ma znaczący wpływ na jakość wytwarzanej energii elektrycznej.

Słowa kluczowe: silnik okrętowy, diagnostyka, zespół prądotwórczy

Andrzej KAŻMIERCZAK
Konrad KRAKOWIAN
Paweł KAWALIŁO
Aleksander GÓRNIAK
Marcin TERELAK

PTNSS-2011-SC-079

CONSTRUCTIONAL PROPOSITION OF THE "ACTIVE BUMPER"

The paper describes the passive safety of road vehicles as well as procedures and methods of vehicles examination in terms of passive safety based on results obtained by means of crash tests. Large emphasis was given on determination of passive safety in case of large truck-motor car impact. The systems which are used for reduction of live threatening injuries caused by lack of cars compatibility arising in this kind of accident are also described. Furthermore, this paper contains description of innovative conception of "active bumper". The "active bumper" is a device which will improve passive safety in case of frontal impact of a large truck with a passenger car. This device consist on moving the front bumper on particular distance forward when the control unit (CU) consider established boundary conditions as executed. The "active bumper" therefore can be considered as an artificial elongation of deformation zone of a truck. Most significant problem concerning the design of the device is time during which the "active bumper" must be ready to absorb the impact energy. The paper contains the constructional propositions of the initiation systems. It describes the problems arising due to inertia forces of the device as well as factors excluding usage of particular initiations systems (e.g. use of seemingly most effective, but also difficult to control pyrotechnic material, which additionally produces high temperature creating hazard of ignition of flammable exploitation fluids). It appears that the most reliable would be the mechanical solution, however, it would be subjected to relative long duration of the processing, moreover this solution requires more advanced algorithms of cooperation with the control unit. In consequence, the more expansive computers with greater computing power are required.

Key words: crash test, cars compatibility, cars agressivity, pasive safety

Propozycje konstrukcyjne „aktywnego zderzaka”

Praca ta opisuje problem bezpieczeństwa biernego pojazdów samochodowych. Ponadto opisuje metody sprawdzania oraz oceny bezpieczeństwa na podstawie wyników uzyskanych podczas specjalistycznych testów zderzeniowych. Szczególną uwagę skupiono tutaj na testach zderzeniowych oceniających bezpieczeństwo bierne podczas zderzenia samochodu osobowego z ciężarowym. Opisano również systemy mające podwyższyć bezpieczeństwo bierne podczas zderzenia tych dwóch klas pojazdów, poprzez zapewnienie możliwie jak największej kompatybilności pojazdów oraz zmniejszenie ich agresywności. Artykuł ten zawiera opis innowacyjnej koncepcji „aktywnego zderzaka”, czyli urządzenia, które podniesie bezpieczeństwo bierne podczas zderzenia czołowego samochodu osobowego z ciężarowym. Urządzenie to polega na wysunięciu zderzaka na pewną odległość do przodu kiedy jednostka sterująca uzna założone warunki brzegowe za przekroczone. „Aktywny zderzak stanowi więc sztuczne wydłużenie strefy zgniotu samochodu ciężarowego. Największym problemem jest czas w jakim urządzenie musi być przygotowane na przyjęcie uderzenia. Artykuł zawiera konstrukcyjne propozycje wyzwoleń „aktywnego zderzaka” w wymaganym czasie. Opisuje problemy wynikające z masy i sił bezwładności urządzenia oraz przeszkody wykluczające wykorzystanie niektórych możliwości (jak na przykład użycie, pozornie najbardziej efektywnych, lecz trudnych do kontrolowania ładunków pirotechnicznych, które ponadto wydzielają bardzo dużą ilość ciepła, stanowiącą zapłon dla łatwopalnych płynów eksploatacyjnych). Wydawać by się mogło, że najbardziej niezawodnym byłoby rozwiązanie mechaniczne, lecz takie obciążenie jest relatywnie długim czasem działania oraz wymaga bardziej zaawansowanych algorytmów współpracy z jednostką sterującą. Niesie to za sobą konieczność zainstalowania droższych komputerów mających większą moc obliczeniową.

Słowa kluczowe: testy zderzeniowe, bezpieczeństwo bierne, zderzak aktywny

Jaromir MYSŁOWSKI

PTNSS-2011-SC-080

THE EFFECT OF EXHAUST GAS SMOKINESS ON AIR POLLUTION IN URBAN AGGLOMERATION

The problem of air pollution from means of transport moving in urban agglomerations becomes more and more significant within the whole transport impact. It is particularly noticeable in case of the through traffic of automotive vehicles with large load capacity in agglomerations not having ring roads for the traffic of those vehicles. In the paper is presented the study on one of the factors inducing pollution of the air which is the exhaust gas smokiness against its general pollution in two urban agglomerations with similar through traffic of automotive vehicles.

Key words: engine, exhaust gas smokiness

Wpływ gazów spalinowych na zanieczyszczenie powietrza w aglomeracji miejskiej

Problem zanieczyszczenia powietrza przez środki transportu przemieszczające się w aglomeracjach miejskich staje się coraz bardziej znaczącym w całokształcie oddziaływania transportu. Jest on szczególnie odczuwalny w przypadku ruchu tranzytowego pojazdów samochodowych o dużej ładowności w aglomeracjach nie posiadających obwodnicy dla ruchu tych pojazdów. W artykule przedstawiono badania jednego z czynników powodujących zanieczyszczenie powietrza jakim jest zadymienie spalin, na tle ogólnego jego skażenia w dwu różnych aglomeracjach miejskich o podobnym ruchu tranzytowym pojazdów.

Słowa kluczowe: silnik, zadymienie spalin

Aleksy CWALINA

PTNSS-2011-SC-081

Marcin ZACHAREWICZ

THE CONCEPTION OF DIAGNOSING THE TECHNICAL CONDITION OF MARINE DIESEL ENGINE DRIVING A SYNCHRONOUS GENERATOR

In the paper the conception and preliminary assumptions of the developed method of diagnosing some selected structural elements of an undercharged auxiliary marine diesel engine not equipped by the manufacturer with indicator valves, and cooperating with the synchronous generator are presented. The proposed method is based on assumption that there is a correlation between the technical condition of the engine and generator, the pressure waveforms in the exhaust manifold as a function of time or angular position of the engine crankshaft, and the frequencies and amplitudes of vibration accelerations of selected parts of the set ZE400/52 type. Test program and some results of vibrations measurements are presented. It allowed for the initial selection of structural elements of the generator set in which measurements will be made during further research.

Key words: generating set, marine auxiliary diesel engine, synchronous generator, diagnostics

Koncepcja diagnozowania stanu technicznego okrętowego silnika spalinowego napędzającego prądnicę synchroniczną

W referacie przedstawiono koncepcję oraz podstawowe założenia opracowywanej metody diagnozowania wybranych elementów struktury niedoładowanego pomocniczego okrętowego silnika spalinowego, nie wyposażonego przez producenta w zawory indykatorowe oraz współpracującej z nim prądnicy synchronicznej. Proponowana metoda bazuje na założeniu, że istnieje zależność pomiędzy stanem technicznym silnika i prądnicy, parametrami procesów gazodynamicznych spalin w kanałach wylotowych, napięciami międzyfazowymi prądnicy oraz przyspieszeniami drgań wybranych elementów funkcjonalnych zespołu prądotwórczego typu ZE400/52. Przedstawiono program badań oraz wyniki pomiarów przyspieszeń drgań wybranych elementów zespołu prądotwórczego elektrowni okrętowej. Wstępnie wytypowano elementy struktury konstrukcyjnej zespołu, w których będą dokonywane pomiary w czasie dalszych badań.

Słowa kluczowe: zespół prądotwórczy, okrętowy tłokowy silnik spalinowy, silnik pomocniczy, prądnica synchroniczna, diagnostyka

Norbert CHAMIER-GLISZCZYŃSKI

PTNSS-2011-SC-082

LIFE CYCLE OF COMBUSTION ENGINES IN THE ASPECT OF THE REALIZATION OF THE IDEA OF THEIR SUSTAINABLE MOBILITY

In the present article, the impact was analyzed of the stages detailed of the life cycle of a combustion engine on the results of the execution of the individual objectives of the sustainable mobility idea. The usefulness was demonstrated of the combination of the operation stage of transport means and the ending of the life stage of transport means with the sustainable mobility idea. One of the chief objectives of this idea is to decrease the demand for travelling in cars, and to increase the share of travelling by public means of transport as well as by bicycle and on foot.

Key words: combustion engine, sustainable mobility, combustion engine life cycle

Cykl życia silników spalinowych w aspekcie realizacji idei zrównoważonej mobilności

W artykule przeanalizowano wpływ wyszczególnionych etapów cyklu życia silnika spalinowego na wyniki realizacji poszczególnych celów idei zrównoważonej mobilności. Wykazano celowość

połączenia etapu eksploatacji środków transportu i etapu wycofanie z eksploatacji środków transportu z ideą zrównoważonej mobilności, której jednym z priorytetowych celów jest zmniejszenie popytu na podróże realizowane samochodami osobowymi, a zwiększenie udziału podróży odbywanych środkami transportu publicznego oraz rowerem i pieszo.

Słowa kluczowe: silnik spalinowy, zrównoważona mobilność, cykl życia silnika spalinowego

Iwona KOMORSKA

PTNSS-2011-SC-084

DETECTION OF THE ENGINE HEAD GASKET DEFECTS ON THE BASIS OF VIBRATION SIGNAL

The results of the analysis of the engine vibration acceleration signal measured for the original and for the damaged engine head gaskets are presented in the paper. Examinations were performed in the Fiat Punto car with a four-cylinder 1.4 SI engine. Vibration and synchronizing signals were recorded during the car running at a constant speed since it has an essential influence on characteristics of the engine vibration signal. The spectral analysis of the vibration signal indicated amplitude increases within the broad frequency band: 5-25 kHz, with a maximum at app. 8 kHz. However, the spectrum can only serve as an indicator that a certain leakage or damage appears in the engine. More precise information can be found on the basis of the time-frequency analysis. The wavelet analysis was performed by means of the Morlet wavelet. It turned out that such filtration allows for a distinct separation of vibration responses corresponding to the gasket leakage. Then the filtered signal envelope was determined and its average values for the engine with the original and with the damaged head gasket were estimated. It is clearly seen, that this measure increases twice when the damaged gasket is checked and thus that allows to formulate the diagnosis.

Key words: ignition engine, vibration signal, diagnosing, engine head gasket, wavelet analysis

Wykrywanie uszkodzenia uszczelki głowicy silnika na podstawie sygnału drgań

W referacie przedstawiono wyniki analizy sygnału przyspieszenia drgań silnika pomierzonego dla nowej i uszkodzonej uszczelki głowicy silnika. Badania przeprowadzono na samochodzie Fiat Punto z silnikiem czterocylindrowym 1.4 o zapłonie iskrowym. Rejestrowano sygnał drgań głowicy silnika i sygnały synchronizujące w czasie jazdy samochodem ze stałą prędkością, ponieważ ma ona istotny wpływ na charakterystyki sygnału drgań silnika. Przeprowadzona analiza spektralna sygnału drgań wykazała wzrost amplitud w szerokim paśmie częstotliwości 5-25 kHz, z maksimum dla około 8 kHz. Jednak widmo może być tylko indykatorem, na jego podstawie można jedynie stwierdzić, że w silniku występuje jakaś nieszczelność lub uszkodzenie. Dokładniejszych informacji może dostarczyć analiza czasowo-częstotliwościowa. Wykonano analizę falkową przy użyciu falki Morleta. Okazało się, że przeprowadzenie takiej filtracji pozwala na wyraźne wyseparowanie odpowiedzi drganiowych związanych z nieszczelnością uszczelki. Następnie wyznaczono obwiednię sygnału przefiltrowanego i wyznaczono jego wartość średnią dla silnika z nową i uszkodzoną uszczelką głowicy. Widać wyraźnie, że miara ta wzrasta dwukrotnie przy badanym uszkodzeniu, co pozwala na sformułowanie diagnozy.

Słowa kluczowe: silnik spalinowy, sygnał drgań, diagnozowanie, uszczelka głowicy silnika, analiza falkowa

Stanisław KRUCZYŃSKI

Paweł HOFMAN

Wojciech KAMELA

PTNSS-2011-SC-085

THE MARKING IN PROCESS THE COMPETITIVENESS OF REACTION AND ENERGY ACTIVATION OF PASSIVE STINT OF EMISSION NO_x WITH HYDROCARBONS

It the methods of abaissement of emission of oxides of nitrogen in article were have talked over was NO_x engines about self-ignition from it utilization as reducer hydrocarbons. Describe passive method in which contained hydrocarbons as reducer be used in fumes, as well as active method in which hydrocarbons be added to fumes. It for every of methods was marked the reaction of the principle and competitive, as well as mark her line and speed. It the competitiveness of reaction was examined was, that is what part of hydrocarbons was qualified part it takes in reduction of oxides of nitrogen and what be oxidised. It for of the principle reaction and competitive the energies of activation were marked was experimentally. The examining the competitiveness of reaction, as well as the delimitation the energy of activation permits on comparing the effectiveness of working of reactors about different of content of platinum.

Key words: emissions of nitrogen oxides, competitive reaction, activation energy

Wyznaczanie konkurencyjności reakcji i energii aktywacji w procesie pasywnego i aktywnego ograniczania emisji NO_x węglowodorami

W artykule omówiono metody obniżania emisji tlenków azotu NO_x silników o zapłonie samoczynnym z wykorzystaniem jako reduktora węglowodorów. Szczegółowo opisano metodę pasywną w której jako reduktor wykorzystywane są węglowodory zawarte w gazach spalinowych, oraz metodę aktywną w której węglowodory dodawane są do gazów spalinowych. Zbadano konkurencyjność reakcji, czyli określono jaka część węglowodorów bierze udział w redukcji tlenków azotu, a jaka jest utleniana. Dla reakcji zasadniczej i konkurencyjnej wyznaczono doświadczalnie energie aktywacji. Zbadanie konkurencyjności reakcji, oraz wyznaczenie energii aktywacji pozwala na porównywanie skuteczności działania reaktorów o różnej zawartości platyny.

Słowa kluczowe: emisja tlenków azotu, reakcje konkurencyjne, energia aktywacji

Jacek HUNICZ

Andrzej NIEWCZAS

Paweł KORDOS

Michał GECA

PTNSS-2011-SC-086

AN ANALYSIS OF EFFICIENCY AND EXHAUST EMISSION OF THE GASOLINE SPRAY-GUIDED ENGINE

A combustion system of spark ignition engine, which utilizes spray-guided mixture formation enables combustion of extremely lean mixtures. High rate of mixture stratification results in reduction of fuel consumption and exhaust emission in comparison to homogeneous charge combustion. This study presents results of research of the gasoline spray-guided spark ignition engine. Experiments were performed on the BMW N43B20 engine equipped with a high-pressure gasoline injection system with piezoelectric injectors. Research was done with the use of two methods of mixture formation; preparation of homogeneous charge and stratified charge. The engine was operated at whole range of rotational speed and load. Operation in the stratified charge mode showed 20% increase of thermal efficiency versus the homogeneous charge in the range of low and middle engine load and

rotational speed. Additionally, fuel consumption and exhaust emissions were analyzed at variable air excess ratio.

Key words: gasoline direct injection, spray-guided

Analiza sprawności oraz emisji spalin silnika benzynowego z tworzeniem mieszanki za pomocą strugi wtryskiwanego paliwa

Systemy spalania w silnikach o zapłonie iskrowym, które wykonywają tworzenie mieszanki w cylindrze za pomocą strugi (ang. *spray-guided*) umożliwiają spalanie bardzo ubogich mieszanek. Znaczny stopień uwarstwienia ładunku pozwala na obniżenie zużycia paliwa oraz emisji toksycznych składników spalin w porównaniu do silników spalających mieszankę homogeniczną. W niniejszej pracy przedstawiono wyniki badań silnika benzynowego o zapłonie iskrowym z tworzeniem mieszanki za pomocą strugi wtryskiwanego paliwa. Eksperymenty zrealizowano na silniku BMW N43B20 wyposażonym w układ wysokociśnieniowego wtrysku benzyny wykorzystujący wtryskiwacze piezoelektryczne. Badania przeprowadzono przy dwóch sposobach tworzenia mieszanki; przygotowaniu mieszanki homogenicznej, oraz przy tworzeniu mieszanki uwarstwionej. Badania prowadzone były w pełnym zakresie prędkości obrotowej i obciążenia silnika. Praca silnika w trybie spalania ładunku uwarstwionego pozwoliła na wzrost sprawności cieplnej o 20% w porównaniu do spalania mieszanki homogenicznej w zakresie małych i średnich prędkości obrotowych i obciążeń. Ponadto przeprowadzono badania zużycia paliwa oraz emisji toksycznych składników spalin przy zmiennym współczynniku nadmiaru powietrza.

Słowa kluczowe: bezpośredni wtrysk benzyny, tworzenie mieszanki za pomocą strugi

Marian JEŻ

PTNSS-2011-SC-088

DYNAMIC BEHAVIOUR OF THE AIRPLANE PISTON ENGINE

The possibility of reducing the vibrations of airplane piston engine was studied. Experimental tests and numerical simulation methods were applied for the passive and active vibroisolation. Engine corps was suspended on elasto-damping mounts, whose nonlinear characteristics were identified with own, patented method. The investigation resulted in procedures for choosing and checking appropriate rubber mounts and their configuration. The aeroengine behavior simulation in Matlab+Simulink environment was extended to investigate the opportunity of semi-active vibroisolation and sustaining stochastic excitations. Computational comparison of many possible suspension versions were verified by vibration measurement checks of piston "boxer" engine assembled with few chosen mounting sets to the airplane engine frame.

Key words: aeroengines, dynamic behaviour, vibrations, suspension

Dynamika tłokowego silnika lotniczego

Zbadano możliwości zmniejszenia drgań tłokowego silnika lotniczego. Zastosowano metody doświadczalne i symulacyjne do badań wibroizolacji pasywnej i aktywnej. Korpus silnika był zawieszony na lordach podatno-tłumiących, których nieliniowe charakterystyki zostały wyznaczone własną, opatentowaną metodą. Wynikiem badań są procedury doboru i testowania odpowiednich amortyzatorów gumowych oraz ich konfiguracji. Badania dynamicznych zachowań silnika lotniczego w środowisku Matlab+Simulink rozszerzono na badania wibroizolacji semi-aktywnej i obciążeń losowych. Obliczeniowe badania porównawcze wielu możliwych wersji zawieszenia weryfikowały pomiarowe próby drganiowe kilku wybranych uprzednio zespołów zawieszenia silnika tłokowego typu „bokser” do kratownicy węgry ogniowej konstrukcji płatowca.

Słowa kluczowe: silniki lotnicze, dynamika, drgania, zawieszenie

Andrzej KAŻMIERCZAK
Konrad KRAKOWIAN
Paweł KAWALIŁO
Aleksander GÓRNIĄK
Marcin TERELAK

PTNSS-2011-SC-089

PROJECT OF THE ELECTRONIC SYSTEM FOR AUTOMATIC INTERPRETATION OF THE COMBUSTION ENGINE CONTROL CHARACTERISTICS

In the article a method for acquiring ignition angle maps and cylinder filling characteristics from EEC-IV control unit was described. Originally, the chosen EEC unit was controlling Ford Sierra 2.0DOHC engine. Measuring method principle was to substitute real sensors with compatible artificial electrical signals, expose EEC to them and eventually measure how EEC changes output signals values in real-time. Arranging input signals in patterns resembling typical engine working conditions allowed considering EEC response as valid for analysis. This response is a group of signals controlling such executive elements like injectors, sparking plugs, exhaust gases recirculation system and others. Specially designed embedded software of the measurement system enabled consecutive and automatic input values setting and capturing the following control decision in whole applicable range. This allowed creation of ignition angle maps and cylinder filling characteristics of the examined EEC module.

Key words: Electronic Engine Control, educational, sensors, real-time visualization, interface

Projekt układu elektronicznego do automatycznego odczytywania charakterystyk sterowania silnikiem spalinywym

W artykule przedstawiono jedną z metod odczytania charakterystyk zapłonu i wtrysku paliwa zapisanych w jednostce sterującej EEC-IV pochodzącej z samochodu Ford Sierra 2.0DOHC EFI. Polegała ona na stworzeniu wirtualnych sensorów, realizowanych przez autorski układ elektroniczny, którego zadaniem było zadawanie na wejścia EEC sygnałów o przebiegach możliwie zbliżonych do sygnałów z czujników rzeczywistych. Odpowiednie skorelowanie ich wartości, odzwierciedlających potencjalne warunki pracy silnika, pozwoliło na traktowanie odpowiedzi EEC jako wymiernej do analizy. Odpowiedź EEC to grupa sygnałów sterujących elementami wykonawczymi takimi jak układ wtryskowy, układ zapłonowy, układ recyrkulacji spalin i inne. Oprogramowanie układu pomiarowego umożliwiło automatyczne i stopniowe zadawanie wielkości wejściowych oraz przyporządkowywanie im zmierzonych wielkości wyjściowych jednostki EEC. Dzięki temu możliwe było stworzenie map wtryskowych i zapłonowych badanego modułu sterującego.

Słowa kluczowe: jednostka sterująca, wizualizacja, interface

Krzysztof WISŁOCKI
Ireneusz PIELECHA
Jakub CZAJKA
Dmytro MASLENNIKOV

PTNSS-2011-SC-093

THE CONTROL OF THE COURSE OF COMBUSTION IN A DI SI ENGINE THROUGH MATCHING OF THE MULTIPLE INJECTION STRATEGY

The paper presents the results of the investigations of the dependence of the basic energy related indexes of the engine process on the strategy of direct multiple fuel injection. The tests were performed on a model engine – a Rapid Compression Machine. In the subsequent measuring cycles the injection strategy control (number of injected fuel doses, their size and dwell times) was modified. The courses of the combustion were observed through optical access and the possi-

bility of recording of individual images of high spatial and time resolution. While processing the footage the velocity of flame formation and its development were determined as well as the main conditions of the flame propagation. Additionally, based on the observations and analysis of the spectral luminance distribution performed through a two-color method the temperature distribution was determined in the flame area. The investigations were performed for different injection strategies (multiple injection). It has been observed that the division of the injected fuel dose leads to the process of combustion, reduction of its duration and a reduction of the maximum flame temperatures. The fuel dose division is advantageous for the improvement of the efficiency of the oxidation process at lower temperatures approximating the phenomenon of low temperature combustion).

Key words: combustion in SI engine, optical research, multiple injection, low temperature combustion

Sterowanie przebiegiem spalania w silniku ZI z wtryskiem bezpośrednim przez dobór strategii podziału dawki wtryskiwanego paliwa

W pracy przedstawiono wyniki badania zależności podstawowych wskaźników energetycznych procesu silnikowego od strategii sterowania bezpośrednim wtryskiem wieloczęściowym. Badania przeprowadzono na silniku modelowym, tzw. Maszynie Pojedynczego Cyklu. Zmieniało strategię sterowania określoną przez liczbę wtryskiwanych dawek częściowych, ich wielkość oraz czasy między nimi. Przebiegi spalania obserwowano wykorzystując dostęp optyczny do komory spalania i możliwość rejestracji poszczególnych obrazów z dużą rozdzielczością czasową i przestrzenną. W trakcie obróbki materiału filmowego określano prędkość powstawania i rozwoju płomienia oraz główne kierunki jego propagacji. Dodatkowo, na podstawie obserwacji i analizy spektralnego rozkładu luminancji przeprowadzonej z zastosowaniem metody dwubarwowej określano rozkład temperatury w obszarze płomienia. Badania zrealizowano dla różnych strategii wtrysku (wtrysk wielofazowy). Stwierdzono, że podział dawki wtryskiwanego paliwa prowadzi do procesu spalania, skrócenia jego czasu i zmniejszenia maksymalnych temperatur płomienia. Podział dawki sprzyja więc poprawie skuteczności procesu utleniania przy niższych temperaturach, zbliżając proces do tzw. spalania niskotemperaturowego.

Słowa kluczowe: spalanie w silniku ZI, badania optyczne, podział dawki paliwa, spalanie niskotemperaturowe

Jacek PIELECHA
Jerzy MERKISZ

PTNSS-2011-SC-095

EXHAUST EMISSIONS DURING COLD START GASOLINE AND DIESEL ENGINE FROM PASSENGER CARS

The paper presents the results of the measurements of exhaust emissions from passenger vehicles fitted with different types of engines. The purpose of the investigations was to verify the emissions from vehicles of different powertrains and different wear and, at the same time, to classify the emissions against the Euro standards. As a result the paper classifies vehicles according to their exhaust emission level depending on the Euro standard complied with by a given vehicle, and, at the same time the exhaust emission characteristics are obtained in relation to the period of vehicle use. Differences were indicated in individual exhaust concentration values between gasoline and diesel engines and the obtained results were synthesized.

Key words: cold start, gasoline and diesel emissions

Badania emisji spalin podczas rozruchu silników ZI i ZS pojazdów osobowych

W artykule zaprezentowano wyniki pomiarów emisji cząstek stałych (masy – PM, liczby – PN, rozkładu wymiarowego) z po-

jazdów samochodowych z różnymi typami silników spalinowych. Celem badań była weryfikacja emisji cząstek stałych dla pojazdów o różnych typach zasilania i o różnych okresach eksploatacji, a jednocześnie próba klasyfikacji względem norm Euro. W efekcie w artykule sklasyfikowano pojazdy według emisyjności w zależności od normy spełnianej przez pojazd, a jednocześnie uzyskano charakterystykę emisji, uzależniając ją od okresu eksploatacji pojazdów wyposażonych w różne typy silników. Wskazano na różnice w poszczególnych wartościach emisji pojazdów z silnikami ZI i ZS oraz dokonano syntezy uzyskanych wyników.

Słowa kluczowe: rozruch silników, emisja spalin

Zbigniew ŻMUDKA
Stefan POSTRZEDNIK

PTNSS-2011-SC-098

INDEPENDENT INLET VALVE CONTROL AS A METHOD OF REALIZATION OF THE OPEN ATKINSON-MILLER CYCLE IN SI ENGINE

A system with independent, late inlet valve closing has been analysed. The use of the analysed system to governing of engine load will enable to eliminate a throttling valve from inlet system of a spark ignition engine. The open, theoretical Atkinson-Miller cycle has been assumed as a model of processes proceeding in an engine. The system has been analysed individually and comparatively with open Seiliger-Sabathe cycle. Benefits resulting from application of the system with late inlet valve closing have been assessed on the basis of the selected parameters: a fuel dose, a cycle work, a relative charge exchange work and a cycle efficiency.

Key words: spark-ignition engine, independent valve control, open Atkinson-Miller cycle, charge exchange process, cycle efficiency

Niezależne sterowanie zaworami dolotowymi jako sposób realizacji otwartego obiegu Atkinsona-Millera w silniku ZI

Przeprowadzono analizę systemu z niezależnym, opóźnionym zamknięciem zaworu dolotowego, umożliwiającego wyeliminowanie przepustnicy z układu dolotowego silnika ZI. Jako model procesów zachodzących w silniku przyjęto otwarty obieg teoretyczny Atkinsona-Millera. Odniesieniem dla oceny korzyści oraz badania efektywności pozyskiwania pracy, w wyniku zastosowania systemu z opóźnionym zamknięciem zaworu dolotowego, jest otwarty obieg teoretyczny Seiligera-Sabathe'a z powszechnie stosowaną, klasyczną regulacją dławieniową obciążenia. Analizę porównawczą efektywności zastosowania zaproponowanego systemu przeprowadzono opierając się na wybranych wielkościach: dawce paliwa, parametrze energetyczno-stechiometrycznym, pracy obiegu, względnej pracy wymiany ładunku oraz sprawności obiegu.

Słowa kluczowe: silnik ZI, niezależne sterowanie zaworami, otwarty obieg teoretyczny Atkinsona-Millera, wymiana ładunku

Stefan POSTRZEDNIK
Zbigniew ŻMUDKA

PTNSS-2011-SC-099

OPERATING CONDITIONS OF APPLICATION OF THE INTERNAL COMBUSTION ENGINE ECO-CYCLE

Use potential and operating conditions of the theoretical eco-cycle of internal combustion engine have been analysed. Energy efficiency of the eco-cycle in relation to efficiency of the classic cycles was the principal criterion taken into consideration. Increase of the eco-cycle efficiency has been found especially within the range of part load of internal combustion engine. The original method of an ignition

control for HCCI engine has been presented. Obtained results confirm the made theses.

Key words: internal combustion engine, theoretical eco-cycle, energy efficiency, HCCI engine

Eksploatacyjne uwarunkowania wykorzystania eko-obiegu silnika spalinowego

Przedmiotem analizy są możliwości wykorzystania oraz uwarunkowania eksploatacyjne eko-obiegu silnika spalinowego. Zasadniczym warunkiem brany pod uwagę, było kryterium sprawności energetycznej eko-obiegu, w stosunku do sprawności istniejących obiegów klasycznych, a w szczególności stwierdzenie możliwości zwiększenia sprawności układu, głównie w zakresie obciążeń częściowych silnika spalinowego. Wskazano także na oryginalny sposób kontroli zapłonu, w ramach proponowanego systemu HCCI. Uzyskane wyniki potwierdzają postawione tezy.

Słowa kluczowe: silnik spalinowy, eko-obieg, sprawność energetyczna, system HCCI

Jerzy MERKISZ

Miłostaw KOZAK

Jacek PIELECHA

Maciej ANDRZEJEWSKI

PTNSS-2011-SC-100

EXHAUST EMISSIONS FROM A DIESEL ENGINE FUELLED BY DIESEL FUEL/RME BLENDS

Rapeseed Methyl Esters (RME) are becoming more and more common as a fuel for diesel engines. Advantageous effects of RME on exhaust emissions from older diesel engines have been confirmed in many previous studies. However, in case of modern engines, the influence of RME on exhaust emissions seems to be less recognized and evident. The aim of the research described in this paper was to evaluate the potential of RME as a liquid fuel for modern diesel engines in relation to meeting emissions requirements. The tests were carried out at the Poznan University of Technology's Emissions Testing Laboratory using the AMX-210/100 engine test bed. The SENSORS SEMTECH-DS exhaust gas analyzer (CO, HC and NO_x emissions) and AVL Micro Soot Sensor and Smoke Meter (PM emissions) were used to measure exhaust emissions. The emission measurements were carried out over the 13-mode ESC cycle. The tests were conducted on a direct injection (common rail), turbocharged, passenger car diesel engine, representing Euro 4 emissions level. Four different diesel fuel/RME blends were tested. These blends contained respectively: 20, 50 and 100% RME. The main result of RME application was significant reduction in HC and PM emissions, accompanied by only a slight increase in NO_x emissions.

Key words: diesel engine, exhaust emissions, biofuel, RME

Emisja szkodliwych składników spalin przez silnik ZS zasilany mieszaninami oleju napędowego i RME

Estry metylowe kwasów tłuszczowych oleju rzepakowego (RME) stają się coraz powszechniej stosowanym paliwem do silników o zapłonie samoczynnym. Korzystny wpływ RME na toksyczność spalin silników ZS starszego typu został wykazany w wielu pracach badawczych. W zakresie nowoczesnych silników, wpływ RME na toksyczność spalin jest mniej poznany. Celem badań opisanych w niniejszej pracy było określenie potencjału RME w zmniejszaniu toksyczności spalin nowoczesnych silników o zapłonie samoczynnym. Badania wykonano w Laboratorium Toksyczności Spalin Politechniki Poznańskiej na hamowni silnikowej AMX-210/100. Pomiarów toksyczności spalin dokonano z wykorzystaniem analizatorów spalin: SEMTECH-DS firmy SENSORS INC. (pomiar stężenia CO, HC i NO_x) oraz AVL Micro Soot Sensor i Smoke Meter (pomiar zawartości

PM). Pomiary odbywały się w teście ESC, na silniku ZS o wtrysku bezpośrednim, doładowanym turbosprężarką, zasilanym w systemie common rail i spełniającym normę emisji spalin Euro 4. W badaniach stosowano cztery paliwa: olej napędowy (ON) i RME (B100) oraz ich mieszaniny B20 i 50, zawierające odpowiednio 20 i 50% RME. Efektem zastosowania RME było przede wszystkim istotne zmniejszenie emisji HC i PM przy niewielkim wzroście emisji NO_x.

Słowa kluczowe: silnik ZS, emisja spalin, biopaliwo, RME

Dariusz PIERNIKARSKI

PTNSS-2011-SC-102

DEVELOPMENT TRENDS OF HEAVY DUTY DIESELS USED IN COMMERCIAL VEHICLES WITH REGARD TO THE FUTURE EMISSIONS REGULATIONS AND FUEL ECONOMY

European policy regarding sustainable growth of transport systems imposes certain obligations on the development of heavy duty Diesels and powertrain used in commercial vehicles. Key factors influencing future trends are new emission legislations Euro VI and fuel economy. Some other factors are: availability of conventional fossil fuels and their price, transition to the alternative fuels and gradual introduction of the hybrid propulsion systems in trucks. The paper summarizes the most important tendencies in the development of present and future powertrains and engines used in the heavy commercial vehicles. Above issues were illustrated using products from the main European OEM's.

Key words: commercial vehicles, heavy duty Diesels, powertrain, sustainable growth, exhaust aftertreatment

Kierunki rozwoju silników Diesla pojazdów użytkowych z uwzględnieniem przyszłych norm toksyczności spalin i ekonomiki paliwowej

Polityka europejska dotycząca zrównoważonego rozwoju systemów transportowych nakłada pewne ograniczenia związane z rozwojem silników spalinowych i układów napędowych stosowanych w pojazdach użytkowych. Najważniejsze czynniki wpływające na przyszłe konstrukcje to normy ograniczające toksyczność spalin Euro VI oraz konieczność obniżania zużycia paliwa. Pod uwagę należy brać również dostępność i cenę konwencjonalnych paliw ropopochodnych, możliwości stosowania paliw alternatywnych i stopniowe wprowadzanie napędów hybrydowych w samochodach ciężarowych. Artykuł jest próbą podsumowania aktualnych tendencji związanych z rozwojem obecnych i przyszłych układów napędowych oraz silników spalinowych wykorzystywanych w pojazdach użytkowych. Zwrócono szczególną uwagę na takie zagadnienia jak optymalizacja wtrysku i spalania paliwa, zaawansowane sterowanie elektroniczne oraz rozwój układów oczyszczania spalin. Powyższe zagadnienia zilustrowano przykładami produktów najważniejszych europejskich producentów z sektora pojazdów użytkowych.

Słowa kluczowe: pojazdy użytkowe, układy napędowe, silniki Diesla, układy oczyszczania spalin, zrównoważony rozwój

Krzysztof ŚLIWIŃSKI

Władysław MITANIEC

PTNSS-2011-SC-104

MODELLING OF KINETIC COMBUSTION PROCESS OF OXYGEN ENRICHED MIXTURE IN SI ENGINE

The paper presents a proof of explanation of the formation process of toxic exhaust gas components during combustion process of oxygen enriched mixtures in SI engine. In order to explain this phenomenon the simulation process was carried out, in which the experimental data from dynamometer tests of the 4-stroke SI engine were used. The test were done at different mole concentration of

oxygen and at increased ratio of exhaust gas recirculation until the mixture of oxygen and exhaust gases has not contained any air. In simulation process one makes use of the computer program Kintecus ver.3.95, where the functions of kinetic combustion process of complex chemical reactions taken place during combustion of fuel mixture (gasoline) in SI engine. The paper presents the graphs showing variations of mole concentration of chosen chemical species in the charge in a function of time and variation of temperature in the cylinder.

Key words: write oxygen enriched mixture, simulated investigation, exhaust gas toxic components emission

Modelowanie kinetyki procesu spalania w silniku zasilanym mieszaną wzbogaconą w tlen

W artykule zaprezentowano próbę wyjaśnienia procesu tworzenia toksycznych związków spalin powstających w czasie spalania w silniku ZI mieszanek wzbogaconych w tlen. W celu wyjaśnienia tego procesu zastosowano symulację komputerową w której wykorzystano dane z badań silnikowych przeprowadzonych na hamowni silnikowej. Badania wykonywane były przy różnym stopniu stężenia tlenu oraz wzrastającym stopniu recyrkulacji, aż do uzyskania mieszanki spalinowo-tlenowej bez udziału powietrza. W procesie symulacji posłużono się programem Kintecus ver. 3.95, w którym wykorzystano funkcje spalania kinetycznego złożonych reakcji chemicznych zachodzących podczas spalania mieszanki paliwowej w silniku ZI. W artykule przedstawiono wykresy zmiany udziałów molowych wybranych składników spalin w funkcji czasu oraz przebieg temperatury w cylindrze.

Słowa kluczowe: mieszanka wzbogacona w tlen, badania symulacyjne, emisja spalin

*Lukasz Jan KAPUSTA
Juha-Pekka SUNDELL
Andrzej TEODORCZYK*

PTNSS-2011-SC-107

LIQUID BIOFUELS – PROMISING ENERGY SOURCE FOR A SMALL SCALE POWER PLANTS

Basing on many years of experience in fuelling large stationary engines with palm oil Wärtsilä has started investigation into using other types of liquid biofuels (LBF) as an engine fuel for power generation. As a part of this investigation many engine tests using rapeseed oil, soybean oil, and animal fat were done. The tests described in this paper were done in parallel at two different locations. The first one was the research power plant located in Pieksämäki and the other one was the laboratory at VTT (Technical Research Centre of Finland). During the tests selected data required for evaluation whether the engine can handle investigated fuels and whether the emissions meet strict requirements have been collected analyzed and presented in this paper. Two different types of engines were used for investigation. The Wärtsilä 6L20 was used in Pieksämäki and the 4R32LN at VTT. Engines were run at different load but as for the engines for power generation the most important were parameters at full load. Therefore the study was focused on emissions at full load. As a reference the results from the LFO test were used. Results for selected fuels were compared with the reference test results. Following this comparison conclusions concerning each fuel were made.

Key words: liquid biofuel, bio power plant, small-scale power plant, containerized power plant, biodiesel, stationary engines

Biopaliwa ciekłe – perspektywiczne źródło energii dla energetyki rozproszonej

W oparciu o wieloletnie doświadczenia z wykorzystaniem oleju palmowego jako paliwa do dużych stacjonarnych silników tłokowych firma Wärtsilä rozpoczęła badania dotyczące możliwości użycia in-

nych ciekłych bio-paliw jako paliwa do silników przeznaczonych do małych elektrowni. Częścią tych badań były testy silnikowe z wykorzystaniem oleju rzepakowego, sojowego, oraz tłuszczu zwierzęcego. Badania opisane w tym artykule zostały przeprowadzone równolegle w dwóch różnych miejscach, w laboratorium VTT (Fińskie Techniczne Centrum Badawcze). Podczas badań wybrane parametry niezbędne do oszacowania czy silnik dobrze znosi badane paliwo i czy emisje spełniają przepisy, zostały zebrane, przeanalizowane i przedstawione w artykule. Do badań wykorzystano dwa różne silniki, silnik 6L20 w Pieksämäki oraz silnik 4R32LN w VTT. Silniki pracowały pod różnym obciążeniem, jednak głównie skupiono się na parametrach przy pełnym obciążeniu. Jako odniesienie przeprowadzony został test z użyciem oleju napędowego. Wyniki dla wybranych paliw zostały porównane z testem referencyjnym. Opierając się na tym porównaniu zostały wyciągnięte i przedstawione wnioski.

Słowa kluczowe: biopaliwo, bioelektrownia, energetyka rozproszona, biodiesel, silniki stacjonarne, silniki przemysłowe

*Iwona KOMORSKA
Dorota GÓRNICKA*

PTNSS-2011-SC-108

ADAPTATION OF ENGINE VIBRATION CHARACTERISTICS FOR DIAGNOSTICS OF MECHANICAL DEFECTS

An engine vibration and noise signal being applied for the engine combustion assessment contains also information on: a valve clearance, head gasket damage and wearing out of elements of a vehicle driving system. As the engine mileage increases the wearing out of driving system elements also increases, and in consequence the characteristics of vibration and noise generated by individual sub-assemblies are changing. Diagnosing of defects can be performed on the grounds of the model-based vibroacoustic signal by comparing the measured signal with this model. However, this model should be adapted after each changes of driving system elements and after each engine overhaul. Thus, it should be easily and fast automatically identifiable. The problem of changing vibration characteristics was illustrated on the example of the new Ford Fiesta engine and Fiat Punto engine of a considerable mileage (400 000 km). Time histories and vibration spectra for the engine in a good working condition and for the engine with the damaged exhaust valve were presented. Methods of generating the base model and its identification were proposed.

Key words: reciprocating engine, vibroacoustic model, exhaust valve, engine vibration spectrum

Adaptacja charakterystyk drganiowych silnika dla potrzeb diagnozowania uszkodzeń mechanicznych

Sygnal drgań i hałasu silnika jest wykorzystywany do oceny spalania w silniku ale niesie też informacje o luzie zaworowym, uszkodzeniu uszczelki głowicy i zużyciu elementów zespołu napędowego pojazdu. W miarę wzrostu przebiegu silnika rośnie zużycie elementów układu napędowego, a co za tym idzie, zmieniają się charakterystyki drgań i hałasu generowane przez poszczególne podzespoły. Diagnozowanie uszkodzeń można przeprowadzać na podstawie modelu bazowego sygnału wibroakustycznego przez porównanie sygnału zmierzonego podczas eksploatacji silnika z tym modelem. Jednak model ten powinien ulec adaptacji po każdorazowej wymianie elementów zespołu napędowego i każdym remoncie silnika. Musi więc być łatwo i szybko identyfikowalny, najlepiej w sposób automatyczny. Problem zmiany charakterystyk drganiowych przedstawiono na przykładzie drgań nowego silnika Ford Fiesta i silnika Fiat Punto o znacznym przebiegu (400 tys. km). Przedstawiono przebiegi

czasowe i widma drgań dla silnika sprawnego i z wypalonym zaworem wylotowym. Zaproponowano metody generowania modelu bazowego i jego identyfikacji.

Słowa kluczowe: silnik spalinowy, model wibroakustyczny, zawór wylotowy, widmo drgań silnika

Czesław KOLANEK

PTNSS-2011-SC-109

Agnieszka SOBIANOWSKA-TUREK

Wojciech WALKOWIAK

Adam NOWAK

PROBLEMS IN OPERATION OF UREA-SCR SYSTEM

New European standard Euro 5 for exhaust emission is putting new challenges on car manufacturers. To achieve new goals in NO_x emission new technologies were developed, eg. EGR – Exhaust Gas Recirculation; SCR – Selective Catalytic Reduction. Those technologies apart from very effective NO_x emission reduction aren't free from operation problems. The paper discusses problem of condensation of unidentified chemicals inside Urea-SCR installation as itself. Basing on collected information's, current state of knowledge and chemical analysis results group of inorganic and organic compounds which may be found in deposit was identified. Achieved results may be found useful in further SCR-process optimisation.

Key words: Urea-SCR, operation problems, deposit

Problemy eksploatacyjne systemu Urea-SCR

Europejskie normy dotyczące emisji spalin stawiają trudne do spełnienia wymagania przed producentami silników napędowych dla pojazdów. Od dnia 1 października 2009 r. obowiązuje norma Euro 5. Nowe technologie konstrukcji silników, pozwalające na osiągnięcie wymogów norm europejskich, to między innymi układ recykulacji spalin i selektywna redukcja katalityczna. Niosące ze sobą wiele zalet technologie oczyszczania spalin nie są jednak pozbawione niedogodności związanych z ich eksploatacją. Jednym z odnotowywanych problemów jest wydzielanie się niezidentyfikowanych osadów. Badany materiał (osad) pochodzi z systemu Urea-SCR (*Urea Selective Catalytic Reduction*) służącego do usuwania tlenków azotu ze spalin, w którym jako reduktor używany jest wodny roztwór mocznika, handlowa nazwa produktu AdBlue – (NH₂)₂CO + H₂O. Informacje zebrane z dostępnej literatury, obecny stan wiedzy oraz wyniki uzyskane z przeprowadzonych badań laboratoryjnych pozwalają wskazać na szereg związków nieorganicznych jak i organicznych, jako składników badanego osadu. Uzyskane wyniki mogą posłużyć do usprawnienia już wypracowanych rozwiązań technologicznych.

Słowa kluczowe: Urea-SCR, problemy eksploatacyjne

Marek BRZEŻAŃSKI,

PTNSS-2011-SC-112

Tadeusz PAPUGA

ENGINE TESTING DURING COLD START AND WARMING UP PHASE WITH USE OF HEAT STORAGE

Test stand investigations of the engine equipped with the heat storage has been presented in article as well as the chassis dynamometer investigations of the car fitted with such elaborated heat storage system. The methodology of investigations and the analysis of the received results in aspect of change of the engine work parameters and in aspect of the exhaust gas toxic components emission have been also presented. The possibility of implementation of that elaborated method of heat utilization from the engine cooling system was discussed in article.

Key words: combustion engine, cold start, warming up, heat storage, engine efficiency, exhaust gas toxic components emission

Badania silnika podczas zimnego rozruchu i fazy nagrzewania z zastosowaniem akumulatora ciepła

Artykuł przedstawia badania stanowiskowe silnika wyposażonego w akumulator ciepła na hamowni silnikowej oraz badania pojazdu wyposażonego w opracowany system na hamowni podwoziowej. Przedstawiono metodykę badań oraz przeprowadzono analizę otrzymanych wyników w aspekcie zmiany parametrów roboczych silnika oraz w aspekcie zmniejszenia emisji toksycznych składników spalin. Zaprezentowano także możliwość wdrożenia opracowanej metody wykorzystania ciepła z układu chłodzenia silnika spalinowego.

Słowa kluczowe: silnik spalinowy, zimny rozruch, faza nagrzewania, akumulator ciepła, emisja toksycznych składników spalin

Marek BRZEŻAŃSKI

PTNSS-2011-SC-113

Michał MARECZEK

Tadeusz PAPUGA

CONCEPTION OF UTILIZATION OF THE HEAT FROM COOLING SYSTEM TO INCREASE OF THE WORK AND ECOLOGICAL PARAMETERS OF THE COMBUSTION ENGINE

The article refers to the conception of utilization of the heat from combustion engine cooling system to the fuel consumption and the exhaust gas toxic components emission decrease. This refers to the initial period of engine work, during cold start and warming up phase. Combustion engine is the heat engine, which start phase is followed by sequential warming up of its elements. In that period the engine shows the low efficiency and the high carbon dioxide and hydrocarbons concentration in the exhaust gas. In the aim of the improvement of these parameters, there has been elaborated the system of support of the engine start and warming up phase by use of the stored heat from the cooling system.

Key words: engine efficiency, exhaust gas toxic components emission, cooling system heat utilization

Koncepcja wykorzystania ciepła z układu chłodzenia do poprawy parametrów roboczych i ekologicznych silnika spalinowego

Artykuł dotyczy przedstawienia koncepcji wykorzystania ciepła z układu chłodzenia silnika spalinowego do zmniejszenia zużycia paliwa i zmniejszenia emisji toksycznych składników spalin w początkowym okresie jego pracy, podczas zimnego rozruchu i okresu nagrzewania się. Silnik spalinowy jest maszyną cieplną, w której po fazie uruchomienia następuje nagrzewanie się kolejnych jego elementów. W tym okresie silnik wykazuje małą sprawność oraz duże stężenie tlenu węgla i węglowodorów w emitowanych spalinach. W celu poprawy tych parametrów opracowano system nagrzewania silnika podczas zimnego rozruchu i w fazie jego nagrzewania się zmagazynowanym ciepłem, pochodzącym z układu chłodzenia silnika.

Słowa kluczowe: sprawność silnika, emisja toksycznych składników spalin, wykorzystanie ciepła z układu chłodzenia

Zbigniew WOŁCZYŃSKI

PTNSS-2011-SC-116

IDENTIFICATION OF PROPERTIES OF THE GDI ENGINE AND ITS CONTROL SYSTEM

The paper is a continuation of the presentation of research within the research project MNiSW No. N N 504 340636 on GDI engine control system. There are presented operating and regulatory characteristics of the engine (δ_w, δ_z, T_w), that are particularly interesting in the working area of stratified mixture. The paper presents also the way the original injection system controls due to the use of a NO_x

absorber and the description of the research stand of the GDI engine that is pre-installed in the Mitsubishi Carisma car.

Key words: gasoline engine, direct ignition, operating and regulatory characteristics, stratified mixture, NO_x absorber

Identyfikacja właściwości silnika GDI i jego systemu sterowania

Referat jest kontynuacją prezentacji badań własnych w ramach projektu badawczego MNiSW nr N N 504 340636 systemu sterowania silnikiem GDI. Przedstawia charakterystyki robocze i regulacyjne silnika (δ_w , δ_z , T_w), które są ciekawe w obszarze pracy silnika na mieszankach uwarstwionych. W referacie przedstawiono także sposób fabrycznego sterowania wtryskiem paliwa ze względu na zastosowanie katalizatora zasobnikowego NO_x i opis stanowiska badawczego silnika GDI zamontowanego w samochodzie Mitsubishi Carisma.

Słowa kluczowe: bezpośredni wtrysk paliwa, charakterystyki robocze i regulacyjne, mieszanka uwarstwiona, reaktor zasobnikowy NO_x

Andrzej KOWALEWICZ

PTNSS-2011-SC-117

Ryszard WOŁOSZYN

COMPARISON OF PERFORMANCE AND EMISSIONS OF TURBOCHARGED CI ENGINE FUELLED EITHER WITH DIESEL FUEL OR CNG AND DIESEL FUEL

In the course of the project on adaptation of turbocharged compression ignition engine produced by Andoria (Poland) to dual-fuelling with compressed natural gas (CNG) and diesel fuel (DF), performance and emissions of both: base engine fuelled with DF and dual-fuel fuelled with CNG and DF were measured. Some information on the project was published earlier; in this paper authors focused on comparison of performance and emissions of dual-fuel and base engine. It is shown, that carbon dioxide and smoke decreased, but hydrocarbon and carbon monoxide considerably increased. Also torque, power and brake fuel conversion efficiency of the engine for both modes of fuelling were compared.

Key words: turbocharged engine, CNG fuel, diesel fuel

Karol CUIPŁAŁ

PTNSS-2011-SC-118

Stanisław SZWAJA

THE IC ENGINE ENERGETICALLY COMBINED WITH THE STEAM MICRO-TURBINE

The paper presents results of modeling a system for waste heat recovery from a cooling agent and exhaust gases in an IC (internal combustion) engine. Basic element of a system is a microturbine engine working in the Rankine cycle based system. Steam was applied as the working fluid in this system. Additionally, this waste heat recovery system consists of: exhaust gases – water- and engine coolant-water heat recuperators, a pump and a condenser. It was concluded, on the basis of thermodynamic analysis and energy balance, that the break power of the steam microturbine can reach 29% of the break power generated by the IC engine under optimal operation regime. It is significantly more than maximum benefit of approx. 7% in recovering waste energy obtained by applying a gas power turbine in the IC engine exhaust. The system described in this paper can be applied in high power output IC engines both tractional and stationary.

Key words: IC engine, waste heat recovery, steam turbine, Rankine cycle

Silnik tłokowy skojarzony energetycznie z parową mikroturbiną

W artykule opisano model systemu energetycznego złożonego z tłokowego silnika spalinowego i mikroturbiny parowej pracującej

w obiegu Rankina wykorzystującym odpadowe ciepła silnika tłokowego. W skład tego systemu oprócz silnika tłokowego wchodzi: dwa wymienniki ciepła (ciecz chłodząca silnik – medium robocze i spaliny silnika – medium robocze) konwertujące odpadowe ciepła z silnika do obiegu Rankina, mikroturbina parowa, skraplacz par medium roboczego i pompa obiegowa. Analiza numeryczna modelu tego systemu wykazała, że w optymalnych warunkach pracy systemu moc efektywna mikroturbiny parowej może osiągać do 29% mocy efektywnej silnika tłokowego. Jest to znacznie więcej niż można uzyskać stosując w silniku dodatkową turbinę mocy zasilaną spalinami i osiągającą moc nie przekraczającą ok. 7% mocy silnika tłokowego. Układ taki może znaleźć zastosowanie głównie w silnikach dużej mocy zasilanych paliwem ciekłym lub gazowym.

Słowa kluczowe: silnik spalinowy, odzysk ciepła, turbina parowa, obieg Rankina

Tomasz LUS

PTNSS-2011-SC-119

DIAGNOSTICS RESEARCH OF HIGH-SPEED MARINE DIESEL ENGINES USING ENVELOPE VIBRATION METHOD

Tests results of the new diagnostic method dedicated to marine high-speed diesel engines type MB820 fuel injection system and valve gear mechanism tuning are presented in the paper. These engines are not equipped with indicator valves so vibrations traces registered on the cylinder heads are used to assess the engine technical condition. The cylinder pressure sensors were connected to the decompression valves to get the reference signal for vibration traces, which is not a standard procedure on the MB820 engines. The results of the investigation are the dynamic timing parameters of the engine which could be used by specialists to compare engine internal processes and assess its technical condition.

Key words: marine diesel engine, diagnostics, tuning, fuel injector, valve gear

Badania diagnostyczne szybkoobrotowych silników okrętowych z wykorzystaniem metody obwiedni drgań

W referacie zostały przedstawione wyniki badań instalacji wtrysku paliwa i mechanizmu rozrządu szybkoobrotowych okrętowych tłokowych silników spalinowych typu MB820 z wykorzystaniem nowo opracowanej metody bazującej na kątowej analizie obwiedni przyspieszeń drgań. Silniki tego typu nie są wyposażone w zawory indykatorowe więc dla oceny stanu technicznego układów cylindrowych oraz procesu spalania próbuje się wykorzystać rejestrowane przebiegi drgań rejestrowane na głowicach cylindrów. Wynikiem badań są tzw. przebiegi czasowe a raczej przebiegi kąto-owe drgań, które są wykorzystywane przy ocenie stanu technicznego i regulacji poszczególnych cylindrów silników.

Słowa kluczowe: okrętowe tłokowe silniki spalinowe, diagnostyka, regulacja, wtryskiwacz paliwa, układ rozrządu

Kazimierz LEJDA

PTNSS-2011-SC-120

Paweł WOŚ

ARRANGEMENT OF COMBUSTION SYSTEM IN EXPERIMENTAL VARIABLE COMPRESSION RATIO ENGINE

Development work on the innovation, experimental design of variable compression ratio combustion engine are continued (comp. PTTSS-2009-SC-062 paper). Their goal is four-cylinder, VCR direct injection engine, where compression ratio alteration will be performed due to shifting and positioning cylinder head assembly

relatively to the fixed crankshaft position. One of the crucial matter is the selection of elements and parameters in the combustion system in order to provide a diversity and wide range of prospective research. The factors like the range of compression ratio variability, combustion bowl shape, number and distribution of fuel sprays and fuel injection rate are fundamental here. These parameters directly affects the combustion process, which is characterized by the heat release rate, cylinder pressure rate and its maximum value, harmful exhaust emission. The paper presents the selection criteria for design factors of combustion system and the analysis of their effects on combustion process characteristics. For this aim a computer simulation model of the VCR engine has been used.

Key words: combustion systems, compression ratio, direct fuel injection, air-fuel mixture formation, rate of heat release, cylinder pressure

Konfiguracja systemu spalania w eksperymentalnym silniku o zmiennym stopniu sprężania

Prace rozwojowe nad konstrukcją innowacyjnej, badawczej jednostki napędowej o zmiennym stopniu sprężania są kontynuowane (por. PTNSS-2009-SC-062). Ich celem jest opracowanie czterocylindrowego silnika tłokowego typu VCR (*variable compression ratio*) z wtryskiem bezpośrednim, w którym zmiana stopnia sprężania odbywać się będzie poprzez przesuwanie i odpowiednie pozycjonowanie zespołu cylinder-głowica względem ustalonego położenia wału korbowego. Jedną z zasadniczych kwestii jest odpowiedni dobór elementów i parametrów roboczych systemu spalania celem zapewnienia różnorodności i możliwie szerokiego zakresu przyszłych prac badawczych. Istotnymi parametrami są tutaj: zakres zmienności stopnia sprężania, kształt komory spalania, liczba i rozkład strug wtryskiwanego paliwa oraz przebieg wtrysku. Parametry te mają bezpośredni wpływ na proces spalania, którego charakterystycznymi cechami są przebieg wydzielania ciepła, szybkość narastania i maksymalna wartość ciśnienia w cylindrze, emisja szkodliwych składników spalin. Artykuł przedstawia kryteria doboru i analizę wpływu wybranych cech konstrukcyjnych systemu spalania na charakterystykę procesu spalania. W tym celu wykorzystano komputerowy model symulacyjny silnika o zmiennym stopniu sprężania.

Słowa kluczowe: systemy spalania, stopień sprężania, wtrysk bezpośredni paliwa, tworzenie mieszanki palnej, przebieg wydzielania ciepła, ciśnienie w cylindrze

Jacek MICHALSKI
Paweł WOŚ

PTNSS-2011-SC-121

MODEL OF COMPRESSION-EXPANSION JOINT OF LINER WITH BLIND CYLINDER CASE IN COMBUSTION ENGINE

The analytical and numerical solving of compression-expansion joint of the cylinder liner with the blind cylinder case for the air-cooled engine FRANKLIN PZL-F 4A-235-B31 is presented. Two cylinder liners varied with wall thickness were taken into consideration. A planar stress state was analytically analyzed by Lamé theory of elasticity. The results were compared with numerical solution, which has been done by FEA using PATRAN system. An axial-symmetrical and planar model with flat contact elements was analyzed. Material characteristics for the liners made of grey cast iron and for cylinder case made of heat-resisting aluminium alloy were determined experimentally. As a result, the stress and dislocations patterns for these elements were obtained.

Key words: compression-expansion joint, engine cylinder device, cylinder stress pattern, analytical stress model, finite element analysis FEA

Model połączenia skurczowo-rozprężnego tulei z nieprzelotowym cylindrem silnika spalinowego

W artykule przedstawiono rozwiązanie analityczne i numeryczne połączenia skurczoworozprężnego tulei cylindrowej z kadłubem – nieprzelotowym cylindrem silnika spalinowego chłodzonego powietrzem FRANKLIN PZL-F 4A-235-B31. Rozpatrywano połączenia dwu wariantów tulei cylindrowych o odmiennej grubości ścianki. Analizowano płaski stan naprężenia z teorii sprężystości, tzw. zadanie Lamé'go, metodą analityczną. Wyniki porównano z obliczeniami numerycznymi metodą elementów skończonych w systemie PATRAN. Rozpatrywano model osiowo-symetryczny i płaski z elementami kontaktowymi płaskimi. Charakterystyki materiałowe dla tulei z żeliwa szarego i kadłuba cylindra z żaroodpornego stopu aluminium wyznaczono doświadczalnie. W wyniku obliczeń uzyskano stan wyężenia tulei cylindrowej i kadłuba cylindra oraz dyslokacji tych elementów.

Słowa kluczowe: połączenie skurczowo-rozprężne, cylinder silnika, stan wyężenia cylindra, metoda elementów skończonych MES

Andrzej PUCHALSKI

PTNSS-2011-SC-124

VIRTUAL DESIGNING OF THE AUTOMOTIVE EE SYSTEMS

Problems of virtual designing of automotive electronic / electrical networks containing the embedded hardware-software control systems, are presented in the paper. These systems are controlling electrical supply systems of the internal combustion engine and its accessories, gearbox, X-by-Wire systems and other power components. The attention was drawn optimisation of algorithms of the energy generation and distribution for the modelled power network during the driving cycles, under conditions of dynamically changing thermal effects. The simulation examples realised on the basis of subassemblies models performed by means of the multidisciplinary modelling language VHDL-AMS were presented.

Key words: vehicle EE network, virtual designing, hardware and software architecture, embedded control systems

Wirtualne projektowanie instalacji EE pojazdu

W artykule przedstawiono zagadnienia wirtualnego projektowania instalacji elektrycznej i elektronicznej pojazdu zawierającej wbudowane systemy sprzętowo-programowe sterowania, zarządzające układami zasilania elektrycznego silnika spalinowego i jego osprzętu, skrzyni biegów i układów sterowanych X-by-Wire oraz innych odbiorników mocy. Zwrócono uwagę na optymalizację algorytmów generacji i rozdziału energii dla modelowanych elementów instalacji zasilania w trakcie standardowych testów drogowych, w warunkach dynamicznie zmieniających się efektów cieplnych. Przedstawiono przykłady symulacji realizowanej w oparciu o modele podzespołów wykonane za pomocą języka modelowania multidyscyplinarnego VHDL-AMS.

Słowa kluczowe: instalacja EE pojazdu, wirtualne projektowanie, architektura sprzętu i oprogramowania,

Rafał GRZESZCZYK
Jerzy MERKISZ
Marek GÓRECKI
Bennie van de GOOR
Ewa KAMIŃSKA

PTNSS-2011-SC-125

THE LABORATORY TEST BENCH FOR A SMALL TURBOJET ENGINE

This paper describes a test bench for research and educational purposes of a small turbojet engine. Turbine engine AMT Jet Olympus

HP E-start with a maximum thrust of 230N and the maximum speed of 108 500 rpm was installed on the research bench. Measuring instruments allow measurement of all relevant engine operating parameters e.g. engine thrust, rotor rotational speed, temperature and pressure in different cross-sections of turbine engine. Signals registered by transducers are processed in a dedicated microprocessor controller, they are also preconditioned, digitally processed and visualized on integrated graphic data display. separate designated microprocessor controller supervises the work of the engine and engine control system. An additional subsystem is dedicated to measure and analyse engine vibrations. It allows to measure engine vibrations in two engine mount planes and to compute signal parameters of engine vibration signals. Test stand allows both automatic or manual operation mode, it can be also used during laboratory exercises and demonstrations for students. Integrated PC computer archives, processes and visualizes data acquired from the engine. For further processing of collected results can be carried out by transferring data in popular standard file format to be processed with other engineering tools.

Key words: internal combustion engine, parameters measurement, microprocessor controller, station for research and education

Stanowisko dydaktyczno-badawcze małego silnika turbinowego

W pracy opisano stanowisko dydaktyczno-badawcze małego silnika turbinowego. Na stanowisku zainstalowano silnik turbinowy firmy AMT Jet typu Olympus HP E-start o ciągu maksymalnym 230 N i maksymalnej prędkości obrotowej wirnika 108 500 obr/min. Oprzyrządowanie pomiarowe stanowiska umożliwia pomiar wszystkich istotnych parametrów pracy silnika, takich jak ciąg silnika, prędkość obrotowa wirnika, temperatury i ciśnienia w różnych przekrojach silnika turbinowego. Sygnały zarejestrowane przez układ sensorów przetwarzane są w dedykowanym sterowniku mikroprocesorowym, poddawane kondycjonowaniu i wstępnemu przetwarzaniu cyfrowemu, oraz wizualizacji na wbudowanym kolorowym wyświetlaczu graficznym. Wydzielony sterownik mikroprocesorowy nadzoruje pracę samego silnika i jego układu sterowania. Dodatkowym podsystemem zestawu jest układ do pomiaru i analizy drgań silnika. Umożliwia on pomiar drgań w dwóch płaszczyznach układu mocowania silnika, oraz przetwarzanie i obliczanie parametrów sygnałów drgań. Stanowisko umożliwia zarówno ręczne jak i automatyczne sterowanie pracą silnika i przeprowadzanie ćwiczeń laboratoryjnych i badań. Na zintegrowanym w stanowisko komputerze PC zgromadzone dane są archiwizowane, przetwarzane oraz wizualizowane na potrzeby realizowanych ćwiczeń i badań. Zgromadzone wyniki można przenosić w standardowych formatach zapisu na nośniki cyfrowe w celu dalszego przetwarzania.

Słowa kluczowe: silnik turbinowy, pomiary parametrów, sterownik mikroprocesorowy, stanowisko dydaktyczno-badawcze

Rafał GRZESZCZYK
Jerzy MERKISZ
Tomasz DROP
Tomasz KAMIŃSKI
Michał NIEZGODA
Marcin RYCHTER

PTNSS-2011-SC-126

MODEL-BASED DIGITAL FILTERING UTILISED IN THE ENGINE DYNAMOMETER BENCH

The paper presents design, testing and application of model-based digital filtering (Kalman filters are in scope of this paper). Design and verification by simulation were carried out with the use of Scilab, freely available, open source engineering platform for numerical computation. The filter parameters were tuned on the bench equipped with a small EX17 Robin-Subaru combustion engine, and the dy-

namometer made by Automex. Grid of sensors wired to the stand control unit delivers data necessary for estimation of all the tangible engine parameters during tests. Processing of the acquired data, data storage and visualisation is possible on the PC were suitable software is present. The paper also discusses efficacy and possible range of application for different filter designs, their comparison to classic methods (not model-based), as well as the possible problems and limits in their practical use.

Key words: Kalman filter, mathematical modelling, engine control, ECU, diagnostic, power train parameter measurement, research bench, open source

Zastosowanie filtrów cyfrowych w badaniach laboratoryjnych silników spalinowych

W pracy opisano projektowanie, badania i zastosowania filtracji cyfrowej przeprowadzonej w oparciu o metody z wykorzystaniem modeli matematycznych analizowanych sygnałów (w tym przypadku filtrów Kalmana). Projekt i badania symulacyjne filtrów zrealizowane zostały z zastosowaniem pakietu oprogramowania do obliczeń inżynierskich Scilab (publicznie dostępny pakiet, na zasadach open source). Strojenie parametry filtrów przeprowadzono na stanowisku z małym silnikiem spalinowym Robin-Subaru EX17, oraz stanowisku hamownianym firmy Automex. Oprzyrządowanie pomiarowe stanowiska umożliwia pomiar wszystkich istotnych parametrów pracy silnika, sygnały są rejestrowane przez układ sensorów. Przetwarzanie zarejestrowanych sygnałów, ich wizualizacja i archiwizacja wyników badań są możliwe na komputerze PC wyposażonym w odpowiednie oprogramowanie. W pracy przedstawiono porównanie efektywności i możliwego zakresu stosowalności filtrów o różnych strukturach, korzyści wynikające z ich stosowania w porównaniu do algorytmów „klasycznych” oraz potencjalne problemy z ich implementacją i stosowaniem.

Słowa kluczowe: filtracja Kalmana, modelowanie, sterowanie silnika, ECU, diagnostyka, pomiary parametrów, stanowisko dydaktyczno-badawcze, open source

Rafał GRZESZCZYK
Jerzy MERKISZ
Tomasz DROP
Tomasz KAMIŃSKI
Michał NIEZGODA
Zenonas BOGDANOVICIUS

PTNSS-2011-SC-127

THE USE OF THE OPEN SOURCE ENGINE CONTROL MODULES IN THE LABORATORY RESEARCH OF INTERNAL COMBUSTION ENGINES

This paper describes the use of versatile engine controller with open architecture and software, for controlling the internal combustion Subaru EX17 engine that is installed on the research dynamometer bench made by Automex. MegaSquirt II controller was examined in the research, it can be connected with various transducers and controls giving possibility of tuning engine control parameters. Controller architecture is an open source, which means that experienced user can modify the regulator settings, control parameter maps and control algorithms.

Key words: engine controller, ECU, diagnostics, parameters measurement, research station

Zastosowanie sterowników o otwartej architekturze w badaniach laboratoryjnych silników spalinowych

W pracy przedstawiono zastosowanie uniwersalnego sterownika mikroprocesorowego o otwartej architekturze i oprogramowaniu do sterowania silnikiem spalinowym Robin-Subaru EX17 na sta-

nowisku badawczym firmy Automex. W badaniach wykorzystano sterownik MegaSquirt II współpracujący z różnymi czujnikami pomiarowymi oraz elementami wykonawczymi, umożliwiającą zmianę parametrów sterowania silnikiem. Architektura sterownika jest otwarta, co oznacza, że użytkownik może we własnym zakresie modyfikować nastawy regulacyjne, mapy parametrów sterowania oraz algorytmy sterowania. Wprowadzanie nastaw możliwe jest za pośrednictwem komputera PC z zainstalowanym odpowiednim oprogramowaniem.

Słowa kluczowe: sterownik silnika, ECU, diagnostyka, pomiary parametrów, stanowisko dydaktyczno-badawcze

Kazimierz WITKOWSKI

PTNSS-2011-SC-128

RESEARCH ON INFLUENCE OF SUPERCHARGING LEVEL OF THE OXIDES OF NITROGEN EMISSION FROM SHIP DIESEL ENGINE

The paper discusses the problems protecting the atmosphere against pollution from sea vessels in the background of normative acts, in particular the 73/78 MARPOL Convention (International Convention for the Prevention of Pollution from Ships) referring to prevention against marine environment pollution, and later amendments to the Convention with Annex VI (Regulation for the Prevention of Air Pollution from Ships) dealing with reducing the emission of nitric oxides and sulphur oxides into the atmosphere by sea vessels engines. The results of experimental tests of the influence of charging air pressure on content of exhaust gas, especially content nitric oxides (NO_x), of ship diesel engine supplied with marine heavy fuel oil IF40 have been presented in the paper.

Key words: super charging air pressure, emission of nitric oxides, heavy fuel oils, vessels propulsion, diesel engine, Miller system

Badania wpływu poziomu doładowania okrętowego silnika tłokowego na poziom emisji tlenków azotu

W referacie omówiono problematykę ochrony atmosfery przed zanieczyszczeniami ze statków morskich na tle aktów normatywnych, w szczególności Konwencji MARPOL 73/78 (Międzynarodowa konwencja o zapobieganiu zanieczyszczeniu przez statki) odnoszącej się do przeciwdziałania zanieczyszczeniu środowiska morskiego z późniejszymi poprawkami, w tym aneksem VI dotyczącym redukcji emisji do atmosfery przez silniki okrętowe tlenków azotu i tlenków siarki. W referacie zaprezentowano wyniki badań eksperymentalnych wpływu zmian ciśnienia powietrza doładowującego na skład gazów spalinowych, w szczególności w odniesieniu do zawartości tlenków azotu (NO_x), przez okrętowy silnik tłokowy spalający paliwo ciężkie IF40.

Słowa kluczowe: ciśnienie powietrza doładowującego, emisja tlenków azotu, paliwo ciężkie, silnik okrętowy, silnik ZS, system Millera

Jerzy MERKISZ

PTNSS-2011-SC-129

Marek WALIGÓRSKI

THE APPLICATION OF THE DETERMINISTIC CHAOS METHOD IN THE ASSESSMENT OF THE COMBUSTION PROCESS IN DIESEL ENGINES FITTED IN NON-ROAD VEHICLES

The paper describes the problem of the combustion process diagnostics in diesel engines of HDV vehicles in the aspect of the environment protection and misfire detection as well as its use in the OBD/EOBD systems. Vibroacoustic processes were taken into consideration and the chosen parameters of the vibration signals obtained from the specified locations in the engine were the diagnostic estimators of the process changes. The paper discusses the diagnosis of the course of the process from the point of view of the OBD

system requirements, in order to check the possibility of using the deterministic chaos method and vibroacoustic processes in on-line diagnostic processes and in the design of combustion monitors in diesel locomotive engines. This stage of the scientific studies was done to check the sensitivity of selected non-linear methods for the process changes or their lack. The paper also presents the signal analyses, limitations of the method, criteria of the process qualification and its accuracy. Diagnostic algorithms of misfire detection and possibility of its practical use in contemporary vehicle drivertrains have been described as well.

Key words: combustion process, misfire, diagnostics, vibroacoustics, environment protection, OBD system, and deterministic chaos theory

Zastosowanie metody chaosu deterministycznego w ocenie poprawności procesu spalania w silnikach ZS pojazdów pozadrogowych

W pracy opisano problematykę diagnostyki procesu spalania dla silników ZS pojazdów typu HDV (*Heavy-Duty Vehicles*) w aspekcie ochrony środowiska naturalnego i wykrycia braku zapłonu oraz jej zastosowania w systemach OBD/EOBD. W pracy rozważano procesy wibroakustyczne, wybrane parametry sygnałów drgań uzyskanych z określonych miejsc na silniku stanowiły estymatory diagnostyczne zmian procesu. Artykuł dotyczy diagnozy przebiegu procesu z punktu widzenia wymagań diagnostyki OBD i takiegoż systemu, dokonano sprawdzenia możliwości zastosowania metody chaosu deterministycznego i procesów wibroakustycznych do bieżącej diagnostyki spalania i budowy monitora diagnostycznego w silnikach lokomotyw spalinowych. Powyższy etap badań naukowych był zrealizowany w celu kontroli wrażliwości wybranych metod nieliniowych na zmiany procesu lub jego brak. Przewidywano również analizy sygnałów i ograniczenia zastosowania metody oraz możliwości jej praktycznego zastosowania w obecnych źródłach napędu pojazdów.

Słowa kluczowe: proces spalania, wypadanie zapłonu, diagnostyka, wibroakustyka, ochrona środowiska naturalnego, system OBD, teoria chaosu deterministycznego

Lukasz JANCZEWSKI

PTNSS-2011-SC-130

VIBRO-ACOUSTIC FAILURE RECOGNITION ON COMBUSTION ENGINES AT THE END OF ASSEMBLY LINES

The main objective of the combustion engines testing at the end of production line is to ensure that manufactured products fulfil the strongest quality requirements, by providing precise decision about engine functions, and in case of failure occurrence, localisation of failure and, when possible, failure cause. This paper presents a study of the failure recognition of combustion engines on the end of a production line. The main focus is to present current state of the art functions of the automated end of line test stations (cold tests), possibilities of the failures recognition, methods of the vibro-acoustic data analysis, problems and proposition of the solution. In this publication, possibility of the implementation of the time – frequency vibro-acoustic data analysis, (wavelet transformation), with the aim of improvement of the failure recognition on the cold test (improvement of the product quality) is described.

Key words: quality control, combustion engine diagnosis, cold test, wavelet transformation

Wibroakustyczne rozpoznawanie uszkodzeń silnika spalinowego na linii montażowej

Podstawowym celem oceny silników spalinowych na końcu linii montażowej jest zapewnienie, że wyprodukowany silnik spełnia

wymagania jakościowe (ocena funkcji silnika), a w przypadku wystąpienia uszkodzenia jego lokalizację i jeśli to możliwe jego przyczynę. W artykule zaprezentowano studium rozpoznawania uszkodzeń silników spalinowych na końcu linii montażowej. Do podstawowych zadań należało zaprezentowanie stanu wiedzy dotyczącego funkcji automatycznych testów końcowych tzw. testów zimnych, możliwości rozpoznawania błędów, metod wibroakustycznej oceny sygnałów, problem i propozycje jego rozwiązania. Przedstawiono możliwość wykorzystania metody czasowo-częstotliwościowej analizy sygnałów (transformacji falkowej) do analizy sygnałów wibroakustycznych w celu poprawy rozpoznawania uszkodzeń silników spalinowych na końcu linii montażowej.

Słowa kluczowe: kontrola jakości, diagnoza silnika spalinowego, test zimny, transformacja falkowa

Zdzisław CHŁOPEK
Jacek BIEDRZYCKI
Piotr STASIAK
Piotr WÓJCIK

PTNSS-2011-SC-131

RESEARCH OF THE INFLUENCE NON-CONVENTIONAL FUELS ON THE POLLUTANT EMISSION FROM AN ENGINE TO A GENERATING SET

This research focuses on pollutant emission from a CI engine used as a power feed of electric generating set. During test, the engine was supplied with different fuels: commercial diesel fuel and non-conventional fuels – pure rape-seed oil and liquid animal fat. Tested fuels were qualified as a partly alternative, so it was decided not to change essentials of engine regulations. In the research measurements were performed in order to register effective power, inlet air consumption, fuel consumption and emissions of carbon monoxide, hydrocarbons, nitrogen oxides (reduced to nitrogen oxide), particulate matter and carbon dioxide. The engine was tested under conditions of D2 test ISO 8178. It was found that overall efficiency is not so sensitive to usage of different fuels. It can be said that the most objective advantage of using non-conventional fuels is decrease of particulate matter emission and organic compounds. In connection with lower price of non-conventional fuels it is a positive result.

Key words: pollutant emission, self-ignition engines, generating set, non-conventional fuels

Badania wpływu paliw niekonwencjonalnych na emisję zanieczyszczeń z silnika agregatu prądotwórczego

W pracy przedstawiono wyniki badań emisji zanieczyszczeń z silnika o zapłonie samoczynnym, napędzającego agregat prądotwórczy. Silnik był zasilany następującymi paliwami: handlowym olejem napędowym oraz paliwami niekonwencjonalnymi – czystym olejem rzepakowym i ciekłym tłuszczem zwierzęcym. Badane paliwa traktowano jako częściowo zastępcze, a więc nie wprowadzano zasadniczych zmian regulacyjnych przy zasilaniu silnika paliwami niekonwencjonalnymi. W czasie pomiarów badano: moc użyteczną, zużycie paliwa i powietrza oraz emisję tlenku węgla, węglowodorów, tlenków azotu, sprowadzonych do tlenku azotu, oraz cząstek stałych i dwutlenku węgla. Silnik badano w warunkach testu D2 zgodnie z normą ISO 8178. Stwierdzono, że sprawność ogólna jest mało wrażliwa na zastosowanie różnych paliw. Ogólnie można stwierdzić, że najbardziej obiektywną zaletą zastosowania paliw niekonwencjonalnych jest zmniejszenie emisji cząstek stałych i związków organicznych. W związku z niższą ceną badanych paliw względem ceny oleju napędowego jest to wynik pozytywny.

Słowa kluczowe: emisja zanieczyszczeń, silniki spalinowe o zapłonie samoczynnym, agregat prądotwórczy, paliwa niekonwencjonalne

Zdzisław CHŁOPEK
Jacek BIEDRZYCKI

PTNSS-2011-SC-132

RESEARCH OF THE WORK STATES OF CAR ENGINES IN CONDITIONS SIMULATED A TRAFFIC IN CITIES

The study presents the empirical research results of static operating conditions of internal combustion engines of passenger cars and light trucks (delivery vans) in traffic conditions in cities. The study formally introduced the concept of conditions and status of internal combustion engine. Results of researches were conducted in driving tests: urban UDC and – for comparison purposes – non-urban EUDC. Engine operating conditions were analyzed in the areas of process value, setting among others one-dimensional and two-dimensional probability density processes of speed and torque. Significant differences were found in the specified characteristics both because of traffic conditions, determined by the type of test, and because of the analyzed processes. Such significant differences in characteristics of engine work states in different vehicle operating conditions justify the purposefulness of more complex adjusting the control algorithms for the working processes of engines to their working conditions.

Key words: internal combustion engines, engine work states, driving tests, simulation of conditions of car traffic

Badania stanów pracy silników samochodów w warunkach symulujących ruch w miastach

W pracy przedstawiono wyniki badań empirycznych statycznych stanów pracy silników spalinowych samochodu osobowego i lekkiego samochodu ciężarowego (dostawczego) w warunkach ruchu w miastach. W pracy wprowadzono formalnie pojęcia warunków i stanu pracy silnika spalinowego. Przeprowadzono wyniki badań w testach jezdnych: miejskim UDC oraz – w celach porównawczych – pozamijskim EUDC. Stany pracy silnika analizowano w dziedzinach wartości procesu, wyznaczając m.in. jednowymiarowe i dwuwymiarowe gęstości prawdopodobieństwa procesów prędkości obrotowej i momentu obrotowego. Stwierdzono znaczne różnice w wyznaczonych charakterystykach zarówno ze względu na warunki ruchu pojazdów, zdeterminowane rodzajem testu, jak i ze względu na analizowane procesy. Tak znaczne różnice właściwości stanów pracy silników spalinowych w różnych warunkach pracy pojazdów uzasadniają celowość coraz bardziej złożonego dostosowywania algorytmów sterowania procesów roboczych silników do warunków ich pracy.

Słowa kluczowe: silniki spalinowe, stany pracy silnika, testy jezdne, symulacja warunków ruchu samochodów.

Zdzisław CHŁOPEK

PTNSS-2011-SC-133

THE PRINCIPLES OF THE MODELING OF THE PARTICULATE MATTER FRACTION FROM CAR VEHICLES

The formal principles of the modelling of the particulate matter emission from car vehicles have been presented in the paper. Sources of the particulate matter emission from an internal-combustion engine and other systems of the vehicle have been classified. The fractions of particulate matter: total dust – TSP, fine dust – PM10, fine respirabilny dust – PM2.5, and nanoparticles PM1 have been formally defined. The principles of the modelling of the particulate matter PM10 and PM2.5 emission have been presented. The suggested method of the modelling of the PM10 and PM2.5 emission have been illustrated with the identification of the model on the basis of empirical research conducted on stations to the monitoring of atmospheric air. Received results of the modelling confirm a thesis about the usefulness of the modelling of the particle emission PM2.5

for distinguished classes of conditions of emission and dispersion of particulate matter.

Key words: car vehicles, particulate matter, PM10, PM2,5, PM1, modeling of pollutant emission

Zasady modelowania emisji frakcji cząstek stałych z pojazdów samochodowych

W pracy przedstawiono formalne zasady modelowania emisji cząstek stałych z pojazdów samochodowych. Sklasyfikowano źródła emisji cząstek stałych, pochodzących z silnika spalinowego oraz innych zespołów pojazdu, a także źródła związane z oddziaływaniem pojazdu na infrastrukturę drogową. Formalnie zdefiniowano frakcje cząstek stałych: całkowity pył zawieszony TSP, pył drobny PM10, pył drobny respirabilny PM2,5, a także tzw. nanocząstki PM1. Przedstawiono zasady modelowania emisji cząstek stałych PM10 oraz cząstek stałych PM2,5. Zaproponowany sposób modelowania emisji cząstek stałych PM2,5 i PM10 zilustrowano identyfikacją modelu na podstawie wyników badań empirycznych przeprowadzanych na stacjach nadzorowania stanu powietrza atmosferycznego. Otrzymane wyniki modelowania potwierdzają tezę o celowości modelowania emisji cząstek stałych PM2,5 dla wyróżnionych klas warunków emisji cząstek stałych i ich rozprzestrzeniania.

Słowa kluczowe: pojazdy samochodowe, cząstki stałe, PM10, PM2,5, PM1, modelowanie emisji zanieczyszczeń

Paweł FUĆ

PTNSS-2011-SC-134

THE INITIATION OF DIESEL PARTICULATE FILTER REGENERATION VIA THERMOELECTRIC GENERATOR

One of the main limitations in diesel engine applications is the emission of particulate matter. This problem has been solved by the application of diesel particulate filters also referred to as DPF. This solution unfortunately turned out to be far from perfect. The main problems of DPFs are their regeneration (burning of soot accumulated in the filter) and their durability. Such a situation resulted in a need to launch research that aims at more efficient solutions. In the paper the author discusses the possibility of DPF regeneration through the use of catalytic support material at the same time being an ionic conductor. Ti_4O_7 has been used as the base material. The paper presents the basic parameters of the described material. Besides, basic test of the system of exhaust gas recuperation has been presented that could potentially generates energy needed for the initiation of the filter regeneration process in order to secure a continuous soot afterburning process.

Key words: diesel particulate filter, exhaust gas recuperation

Inicjacja filtra cząstek stałych przez generator termoelektryczny

Jednym z głównych ograniczeń stosowania silników o zapłonie samoczynnym jest emisja cząstek stałych. Problem ten rozwiązano przez zastosowanie filtra cząstek stałych (DPF). Jednak rozwiązanie to okazało się dalece niedopracowane. Głównymi problemami są regeneracja filtra, czyli wypalanie sadzy zgromadzonej w filtrze oraz trwałość. To spowodowało konieczność prowadzenia badań mających na celu opracowanie skuteczniejszych konstrukcji. W pracy rozważaniu poddano możliwość regeneracji filtra cząstek stałych przy zastosowaniu materiału nośnika będący przewodnikiem jonowym. Jako materiał bazowy użyto Ti_4O_7 . Zaprezentowano podstawowe parametry opisywanego materiału. Ponadto przedstawiono badania podstawowe układu rekuperacji spalin stanowiącego potencjalną możliwość generowania energii umożliwiającej zapoczątkowanie procesu regeneracji w celu zapewnienia ciągłego procesu wypalania sadzy.

Słowa kluczowe: filtr cząstek stałych, rekuperacja spalin

Jerzy MERKISZ

Paweł FUĆ

Piotr LJJEWSKI

PTNSS-2011-SC-135

THE ON-ROAD OPERATION OF DIESEL PARTICULATE FILTERS

The problem in engine tests stand investigations lies in their difficult analysis in comparison to the on-road, real traffic investigations. The same problem occurs in the case of diesel particulate filters. A variety of papers have been published related to the topic of DPF investigations on engine and chassis dynamometers and still the conclusions from these investigations do not entirely reflect the actual status quo in this matter. This forced the engineers to begin a complex on-road testing of the DPF. The paper present an analysis of the operation of DPF and basic investigations into DPF under real operating conditions in an urban, extra urban and expressway cycles on selected vehicle types. The investigations comprised the measurement of the gaseous exhaust components and particulate matter along with the measurement of their concentration and size distribution while recording the operating parameters of the vehicle in motion.

Key words: exhaust gases emission, diesel particulate filter

Eksploracja filtra cząstek stałych w warunkach rzeczywistej eksploatacji

Podstawowym problemem badań stanowiskowych pojazdu jest utrudniona analiza w odniesieniu do badań w rzeczywistych warunkach eksploatacji. Problem ten występuje również w przypadku badań filtrów cząstek stałych. Opublikowano szereg prac związanych z badaniami DPF na hamowniach silnikowych i podwoziowych jednak w konsekwencji wnioski z tych badań nie do końca odzwierciedlały rzeczywisty stan rzeczy. To spowodowało konieczność prowadzenia kompleksowych badań pracy filtrów cząstek stałych w rzeczywistych warunkach eksploatacji. W pracy przedstawiono analizę działania oraz badania podstawowe filtrów cząstek stałych DPF w rzeczywistych warunkach eksploatacji w cyklu miejskim, pozamiejskim i autostradowym na wybranych typach pojazdów. Badania obejmowały pomiar emisji gazowych składników spalin i cząstek stałych oraz ich koncentrację i rozkład wymiarowy z jednoczesną rejestracją parametrów pojazdu w ruchu.

Słowa kluczowe: emisja gazów wylotowych, filtry cząstek stałych

Paweł MAZURO

Daniel JASIŃSKI

Andrzej TEODORCZYK

PTNSS-2011-SC-136

ON THE HIGH IMEP POTENTIAL OF BARREL ENGINES

In this work the possibility of very high performance of barrel engine fueled with gasoline is presented. In this engine several new technologies were used in order to achieve the compression assisted ignition (CAI). The control of CAI combustion regime was obtained by intensive charge stratification and exhaust gas recirculation (EGR). The additional advantage of barrel engine is its axial symmetry which ensures identical conditions in all cylinders. The application of spherical bearings in barrel engine, instead of classical cylindrical ones, allowed for the increase of permissible loads of crank mechanism. Moreover the noise of engine operation at full load has been reduced due to the untypical kinematics of barrel engine crank mechanism and spherical bearings. All these advantageous features resulted in IMEP level of 2.4 MPa for engine fuelling with homogeneous mixture. The maximum rate of pressure rise was at the same time limited to 0.8 MPa/CAD.

Key words: barrel engine, CAI, downsizing

Możliwość uzyskania bardzo wysokich osiągnięć w silniku beczkowym

W pracy przedstawiono możliwość uzyskania bardzo wysokich osiągnięć w silniku beczkowym zasilanym benzyną. W silniku tym zastosowano szereg rozwiązań, które pozwoliły na uzyskanie kontrolowanego samozapłonu. Opanowanie spalania typu CAI osiągnięto dzięki zastosowaniu silnej stratyfikacji oraz kontroli recyrkulacji spalin. Dodatkową zaletą silnika beczkowego jest osiowa symetria silnika zapewniająca identyczne warunki we wszystkich cylindrach. Zastosowanie łożysk sferycznych, zamiast klasycznych walcowych, w silniku beczkowym pozwoliło na zwiększenie dopuszczalnych obciążeń układu korbowego. Dzięki nietypowej kinematyce silnika beczkowego oraz łożyskom sferycznym uzyskano zmniejszenie hałaśliwości pracy silnika przy pełnych obciążeniach. Zalety silnika beczkowego pozwoliły na uzyskanie średniego ciśnienia indykowanego na poziomie 24 bar, przy zasilaniu silnika mieszanką jednorodną, przy jednoczesnym ograniczeniu maksymalnych przyrostów ciśnienia do 8 bar⁰OWK.

Słowa kluczowe: silniki beczkowe, CAI, downsizing

Janusz GRZELKA
Karol CUPIAŁ
Józef BRZEŃCZEK
Adam DUŻYŃSKI
Michał GRUCA
Michał PYRC
Tadeusz ZBOŚ

PTNSS-2011-SC-137

RESEARCH OF AIR-FUEL MIXTURE COMBUSTION IN THE INTAKE PORT OF THE PISTON ENGINE

In the paper the results of testing of the intake port of an IO-320B1A-type LYCOMNIG naturally aspirated aircraft engine used in the EM-11C-type Orka aircraft for the resistance to the effects of accidental ignition and the occurrence of a backfire have been presented. The tests were carried out under extreme conditions (with the intake system closed) and in conditions similar to normal operation using fuels with different combustion rates. It was found that the positive pressure caused by such accidental ignition under normal operating conditions did not exceed 0.08 bar and did not pose any hazard of damage to the intake port system of the IO-320B1-type TEXTRON-LYCOMNIG naturally aspirated aircraft engine, as designed by the aircraft manufacturer.

Key words: accidental ignition, air intake system, aircraft engine, combustible mixture

Badania przypadkowego zapłonu mieszanki palnej w układzie dolotowym lotniczego tłokowego silnika spalinowego

W pracy przedstawiono wyniki badań odporności układu dolotowego wolnoścącego tłokowego silnika lotniczego LYCOMNIG typu IO-320B1A stosowanego w samolocie typu EM-11C Orka na skutki przypadkowego zapłonu i powstanie tzw. płomienia wstecznego (back-fire). Przeprowadzono próby w warunkach ekstremalnych (zamknięty układ dolotowy) jak i w warunkach zbliżonych do normalnej eksploatacji z wykorzystaniem paliw o różnej szybkości spalania. Stwierdzono, iż maksymalne wartości ciśnienia wywołane takim przypadkowym zapłonem w warunkach normalnej eksploatacji układu dolotowego nie przekraczają wartości 0,08 bar i nie grożą rozerwaniem zaprojektowanego przez producenta samolotu układów dolotowych wolnoścących silników typu TEXTRON-LYCOMNIG IO-320B1.

Słowa kluczowe: przypadkowy zapłon, układ dolotowy, silnik lotniczy, mieszanka palna

Michał RYŚ

PTNSS-2011-SC-138

ZASTOSOWANIE LOTNICZEGO TURBINOWEGO SILNIKA PRZEPLYWOWEGO DO ZASILANIA STACJONARNYCH GENERATORÓW ELEKTRYCZNYCH

Praca zawiera opracowanie nt. możliwości zastosowania silników które już nie mogą być zastosowane w lotnictwie, natomiast doskonale zdają egzamin jako silniki do napędu elektrycznych generatorów stacjonarnych. Na przykładzie silnika GTD-350, wycofanego z eksploatacji po ukończonym resursie godzinowym, przeprowadzono analizę zasadności zastosowania turbinowego silnika przepływowego w porównaniu do tradycyjnego silnika tłokowego – charakterystyki, jednostkowe zużycie paliwa, możliwość zastosowania różnych paliw (lotniczych, konwencjonalnych i alternatywnych).

Słowa kluczowe: turbinowe silniki przepływowe, wielopaliwowość, generator elektryczny

Henryk MADEJ
Zbigniew STANIK
Jan WARCZEK

PTNSS-2011-SC-140

APPLICATION OF VIBRATION SYMPTOMS IN THE ASSESSMENT OF THE BEARINGS OF ROTATING MACHINERY EQUIPMENT OF COMBUSTION ENGINE

The equipment of the internal combustion engine unit includes the group of rotating machinery, such as the alternator, coolant pump, power steering pump or belt tensioner roller. Torque from the engine crankshaft to the individual elements of equipment is most often transmitted through the belt transmission. In most modern car engine the belt (toothed or wedge) is used to transmit simultaneously drive multiple devices. The most common mechanical faults of rotating machinery equipment include damage to bearings, and in extreme cases leading to the blocking node bearing and drive belt breakage. There are commonly known methods for assessing the technical condition of rolling bearings based on the analysis of vibration signals. In the case of accessories bearing diagnostic of vibration methods using accelerometers difficult task lies in the fact that the technical condition symptoms are masked by the dominant component of work-related internal combustion engine. This is because the operating location of accessories that are attached to the engine block. The paper presents an analysis of the applicability of advanced vibration analysis in the diagnosis of rolling element bearings for a few selected elements of combustion engine accessories during normal exploitation.

Key words: diagnostics, roller bearings, vibration analysis

Zastosowanie miar drganiowych w ocenie stanu łożysk maszyn wirnikowych osprzętu silnika spalinowego

W skład osprzętu tłokowego silnika spalinowego wchodzi urządzenie zaliczane do grupy maszyn wirnikowych, takie jak np. alternator, pompa cieczy chłodzącej, pompa układu wspomagania czy rolka napinacza paska. Moment obrotowy z wału korbowego silnika na poszczególne elementy osprzętu przekazywany jest najczęściej poprzez przekładnię pasową. W większości współczesnych silników samochodowych pasek (klinowy lub zębaty) wykorzystywany jest równocześnie do przekazywania napędu na kilka urządzeń. Do najczęstszych usterek mechanicznych maszyn wirnikowych osprzętu należą uszkodzenia łożysk, w skrajnych przypadkach prowadzące do zablokowania węzła łożyskowego i zerwania paska napędowego. Powszechnie znane są metody oceny stanu technicznego łożysk tocznych bazujące na analizie sygnałów drganiowych. W przypadku diagnostyki łożyskowania elementów osprzętu metodami drganiowymi z wykorzystaniem przetworników przyspieszeń trudność zadania polega na

tym, iż symptomy stanu technicznego są maskowane dominującymi składowymi związanymi z pracą silnika spalinowego. Wynika to z faktu eksploatacyjnego umiejscowienia elementów osprzętu, które są przytwierdzone do korpusu silnika. W pracy przedstawiono analizę możliwości zastosowania zaawansowanych metod analizy drgań w diagnostyce łożysk tocznych dla kilku wybranych elementów osprzętu silnika spalinowego w czasie normalnej eksploatacji.

Słowa kluczowe: diagnostyka, łożyska toczne, analiza drgań

Zygmunt RAUNMIAGI

PTNSS-2011-SC-142

WSPÓLczesne sposoby naprawy okrętowych elementów maszyn metodami ubytkowymi

W artykule wymieniono ważniejsze części spalinowych silników okrętowych naprawianych metodami ubytkowymi. Przybliżono współczesnych producentów, których urządzenia i maszyny wykorzystywane są w naprawach metodami ubytkowymi. Opracowano algorytmy napraw dla wybranych części. Przedstawiono wymogi techniczne oceny jakości naprawianych elementów maszyn.

Słowa kluczowe: naprawa, elementy maszyn, metody ubytkowe

Joanna GRZYBOWSKA-PIETRAS

PTNSS-2011-SC-143

INFLUENCE OF PRODUCTION TECHNOLOGY ON THE FILTRATION PROPERTIES OF AUTOMOTIVE OIL FILTERS

The modern piston engine is a complex structure and its components are very sensitive to pollution. For the protection the engine various filter materials are used in the lubrication systems. They should remove from the oil any abrasive particles resulting from the combustion process and from cooperating elements. Given the very scarce information on the properties of filters for motor oil purification, the article presents the assessment results of the influence of car oil filters production techniques on selected properties of the product. Physical and filtration properties (porosity, pore size distribution, penetration of 0.3 μm particles), has been studied of selected three automotive oil filters. Based on the results, the filters have been evaluated in terms filtration efficiency and flow resistance. The study used standard filters made of paper pulp, of paper mixed with synthetic fibers impregnated with special phenolic resins and a modern oil filter obtained from melt-blown nonwoven fabric.

Key words: lubrication, oil filter, filtration efficiency

Wpływ techniki wytwarzania na właściwości filtracyjne samochodowych filtrów oleju

Nowoczesny tłokowy silnik spalinowy jest konstrukcją skomplikowaną, a jego części składowe są bardzo wrażliwe na zanieczyszczenia. W celu ochrony silnika w układach smarowania stosowane są różne materiały filtracyjne. Powinny one usuwać z oleju wszelkie cząstki ściernie powstające w wyniku procesu spalania jak i współpracy elementów. W związku z bardzo znikomymi informacjami dotyczącymi właściwości filtrów do oczyszczania oleju silnikowego, w artykule przedstawiono wyniki badań oceny wpływu techniki wytwarzania samochodowych filtrów oleju na wybrane właściwości wyrobu. Przeprowadzono badania właściwości fizycznych i filtracyjnych (porowatość, rozkład frakcyjny porów, penetracja cząstek o wielkości 0,3 μm), wybranych 3 samochodowych filtrów oleju. W oparciu o uzyskane wyniki filtry oceniono pod względem skuteczności filtracji oraz oporów przepływu. Do badań wykorzystano standardowe filtry zbudowane z bibuły celulozowej, z bibuły zmieszanej z włóknami syntetycznymi impregnowanymi specjalnymi żywicami fenolowymi oraz nowoczesny filtr oleju otrzymany z włókniny melt-blown.

Słowa kluczowe: układ smarowania, filtr oleju, skuteczność filtracji

Dariusz PIETRAS

Tomasz GIŁOWSKI

Tomasz KNEFEL

PTNSS-2011-SC-144

A PROGRAM TO ANALYZE THE COMBUSTION PROCESS IN DIESEL ENGINE

For medium loads and speeds in advanced diesel engines the fuel injected quantity is usually divided into several parts. An important issue is choice how divide of fuel quantity on parts in determining the characteristics of fuel injection from the perspective of the combustion process and its effect on the engine performance and exhaust emissions. The article discusses the model and program used to analyze the combustion process in a small diesel engine with the divided fuel quantity. It was important assumptions and determine the way of fueling during the heat cycle analysis. For this purpose, an original method for determining the fuel injection rate developed by one of the authors was used.

Key words: combustion process, heat release, diesel engine

Program do analizy procesu spalania w silniku ZS

We współczesnych silnikach o zapłonie samoczynnym podawana dawka paliwa jest dzielona najczęściej na kilka części w zakresie średnich obciążeń i prędkości obrotowych. Zagadnienie doboru ilości części podziału dawki staje się zatem kluczowe przy określaniu charakterystyki wtrysku paliwa z punktu widzenia przebiegu procesu spalania i jego efektu na parametry pracy silnika. W artykule omówiono model oraz program służący do analizy procesu spalania w małym silniku o zapłonie samoczynnym z podziałem dawki paliwa. Bardzo istotnym elementem programu było przyjęcie założeń i określenie sposobu doprowadzenia paliwa podczas analizy obiegu cieplnego. W tym celu wykorzystano autorską metodę określającą natężenie wtrysku paliwa opracowaną przez jednego ze współautorów.

Słowa kluczowe: proces spalania, wydzielanie ciepła, przejmowanie ciepła, silnik ZS

Dariusz PIETRAS

PTNSS-2011-SC-145

EVALUATION OF THE DIVIDED FUEL QUANTITY ON THE COMBUSTION PROCESS IN A SMALL DIESEL ENGINE

The article discusses the influence of the divided fuel quantity on diesel engine combustion parameters. In the work described in this paper experimental study of a small diesel engine with Common Rail with divide of fuel quantity on three parts for light duty was performed. During the tests at selected points of engine operation performed measurements for the divided fuel quantity into three and two parts, and for a undivided. Based on the developed program calculating the basic parameters of the combustion process was performed. The calculation results are graphically in the charts presented and their analysis was carried out.

Key words: combustion process, small diesel engine

Ocena wpływu podziału dawki na parametry procesu spalania w małym silniku ZS

W artykule omówiono zagadnienie wpływu podziału dawki paliwa w silniku ZS na parametry procesu spalania. W ramach prac opisanych w referacie wykonano badania doświadczalne małego silnika o zapłonie samoczynnym z zasilaniem typu Common Rail i podziałem dawki paliwa na trzy części w zakresie małych obciążeń. W trakcie badań w wytypowanych punktach pracy silnika wykonano pomiary dla dawki dzielonej na trzy i dwie części oraz dla dawki niedzielonej. W oparciu o opracowany program wykonano obliczenia podstawowych parametrów procesu spalania. Wyniki obliczeń

zostały przedstawione graficznie na wykresach oraz przeprowadzono ich analizę.

Słowa kluczowe: proces spalania, wydzielanie ciepła, przejmowanie ciepła, silnik ZS

Iwona BALKE
Marcin BALKE
Jerzy WAŚKIEWICZ

PTNSS-2011-SC-146

NATIONAL CAR FLEET IN THE CONTEXT OF CHANGES TAKING PLACE ON THE AUTOMOTIVE MARKET

The article discusses changes having taken place during the recent years in the numbers and structure of national fleet of passenger cars, trucks, semi-trailer tractors, buses, motorcycles and mopeds, taking into account makes, models, age, total admissible mass, engine capacity and the number of seats.

Key words: car fleet, vehicle makes

Krajowy park samochodowy w aspekcie zmian zachodzących na rynku motoryzacyjnym

Artykuł dotyczy zmian w ostatnich latach w liczebności i strukturze krajowego parku samochodów osobowych, samochodów ciężarowych, ciągników siodłowych, autobusów, motocykli i motorowerów, z uwzględnieniem marek, modeli, wieku, dopuszczalnej masy całkowitej, pojemności skokowej silnika i liczby miejsc siedzących.

Słowa kluczowe: park samochodowy, marki pojazdów

Adam DUŻYŃSKI
Wiesław BAWOR

PTNSS-2011-SC-147

EXPERIENCE FROM TWO YEARS' OPERATION OF THE BIOGAS COGENERATION SET AT THE WARTA S.A. WASTE TREATMENT PLANT IN CZĘSTOCHOWA

The paper discusses two years' commercial operation of the biogas cogeneration set with a GE JENBACHER engine type JMS 316 GS-B.LC, which was installed at the end of December 2008 at the WARTA S.A. Waste Treatment Plant in Czestochowa. The analysis covered the time of operation and shutdowns, the number of the start-ups of the CHP set, its operation time utilization rate, the generation of electric power and heat, the average hourly electric and thermal load of the CHP set, the electrical energy balance of the WARTA S.A. Waste Treatment Plant in Czestochowa along with the degree of coverage of the Waste Treatment Plant's electrical energy and heat demand by their own production, the Waste Treatment Plant's biogas balance, unit biogas consumption by the CHP set, the servicing of the CHP set, and the economic effects achieved from the operation of the Cogeneration Set.

Key words: biogas engine, cogeneration set, CHP – combined heat and power, industrial operation

Doświadczenia z dwuletniej eksploatacji biogazowego zespołu kogeneracyjnego w Oczyszczalni Ścieków WARTA S.A. w Częstochowie

W pracy omówiono dwuletnią eksploatację przemysłową biogazowego zespołu kogeneracyjnego z silnikiem GE JENBACHER typu JMS 316 GS-B.LC pracującego od końca grudnia 2008 roku w Oczyszczalni Ścieków WARTA S.A. w Częstochowie. Analizowano czas pracy i postojów, liczbę rozruchów zespołu CHP, stopień jego wykorzystania, produkcję energii elektrycznej i ciepła, średnie godzinowe obciążenie elektryczne i cieplne zespołu CHP, bilans energii elektrycznej oczyszczalni i stopień pokrycia zapotrzebowania

oczyszczalni na energię elektryczną i ciepło produkcją własną, bilans biogazu w oczyszczalni, jednostkowe zużycie biogazu przez zespół kogeneracyjny, serwis zespołu kogeneracyjnego oraz uzyskane efekty ekonomiczne z eksploatacji tego zespołu.

Słowa kluczowe: silnik biogazowy, zespół kogeneracyjny, energia skojarzona, eksploatacja przemysłowa

Jacek NOWAKOWSKI

PTNSS-2011-SC-150

THE INFLUENCE OF ENGINE CONTROL PARAMETERS ON ENGINE PERFORMANCE

The paper presents measurements which have been carried out for the CI engine with Common-Rail direct injection system, supercharged by a turbo compressor. The following parameters have been measured: concentration of toxic components, pressure courses in the cylinder, engine parameters such as power, torque, fuel consumption, temperature and pressure in the engine equipment system. The measurements were performed for a wide range of engine load and possible recirculation degrees in various operating condition. The fuel dose was divided into the pre and main doses. Standard injection advanced angle increased and decreased by two and four degree was used.

Key words: CI engine, engine control parameters, engine performance

Wpływ parametrów regulacyjnych silnika ZS na wybrane wskaźniki pracy

W referacie przedstawiono wyniki badań doświadczalnych silnika ZS dla różnych wartości parametrów regulacyjnych. Badania przeprowadzono na silniku o pojemności skokowej 1.3 dm³, zasilanego systemem C-R, przeznaczonym do samochodu osobowego. Badania przeprowadzono dla 4 wartości prędkości obrotowej oraz 5 wartości momentu obrotowego. Dla każdego punktu pomiarowego zmieniano wartość kąta wyprzedzenia wtrysku oraz wartość stopnia recyrkulacji spalin. Do zmiany algorytmów sterujących pracą silnika zastosowano specjalne oprogramowanie. Ogółem badania przeprowadzono dla ponad 450 zestawów parametrów regulacyjnych. Jako wartość odniesienia przyjęto osiągi silnika dla standardowych wartości parametrów regulacyjnych. Podczas badań rejestrowano podstawowe parametry pracy silnika, przebiegi ciśnienia w cylindrze silnika oraz zawartość składników spalin. Analizie poddano emisję szkodliwych składników spalin oraz sprawność ogólną silnika. Wyniki przedstawiono w postaci wykresów, wskazano na wzajemne powiązania i ograniczenia w sterowaniu osiąganymi silnika ZS.

Słowa kluczowe: silnik ZS, parametry regulacyjne, wskaźniki pracy

Karol CUPIAŁ
Adam DUŻYŃSKI
Michał GRUCA
Janusz GRZELKA
Arkadiusz JAMROZIK
Arkadiusz KOCISZEWSKI
Michał PYRC
Stanisław SZWAJA
Wojciech TUTAK
Karol GRAB-ROGALIŃSKI

PTNSS-2011-SC-152

THE TURBOCHARGED PISTON ENGINE FUELED WITH PRODUCER GAS GENERATED BY SEWAGE SLUDGE GASIFICATION

The paper presents the results of investigation conducted by the Institute of Internal Combustion Engines and Control Engineering under the research project R10 019 02 entitled

“The internal combustion piston engine combined with the sewage sludge gasification system” sponsored by the Ministry of Science and Higher Education. Legal conditions concerning the storage and utilization of sewage sludge are outlined in the paper. The complete gasification system for power generation is discussed. Several issues concerning the gasification reactor, the gas treatment system, the power generator and the IC engine are described. The results of tests carried out on both the gasification reactor and the engine fueled with the obtained producer gas are also reported.

Key words: piston engine, producer gas, sewage sludge, gasification

Doładowany silnik tłokowy zasilany gazem generatorowym pozyskiwanym ze zgazowania osadu ściekowego

W referacie przedstawiono wyniki zrealizowanego w latach 2007-2010 w Instytucie Maszyn Tłokowych i Techniki Sterowania Politechniki Częstochowskiej projektu badawczego rozwojowego R10 019 02 nt. “Tłokowy silnik spalinowy w instalacji zgazowania osadu ściekowego” sfinansowanego przez Ministerstwo Nauki i Szkolnictwa Wyższego w Warszawie. Omówiono uwarunkowania prawne dotyczące składowania i utylizacji osadu ściekowego, omówiono zaprojektowaną i zbudowaną w IMiTTS PCz instalację zgazowania osuszonego osadu ściekowego i oczyszczania gazu generatorowego, agregat prądotwórczy z doładowanym silnikiem tłokowym oraz wyniki badań tej instalacji i doładowanego silnika tłokowego zasilanego pozyskiwanym gazem generatorowym.

Słowa kluczowe: silnik tłokowy, gaz generatorowy, osad ściekowy, zgazowanie

Marek BARTCZAK
Zbigniew WOŁCZYŃSKI

PTNSS-2011-SC-153

THE ALGORITHM OF DETERMINATION OF INJECTION TIME IN „FROM CYCLE TO CYCLE” CONTROL GDI ENGINE

The paper presents the algorithm of determination of injection time basing on „from cycle to cycle” method ensuring right mixture of air and fuel has also been presented. Hardware implementation of algorithm have been given. The algorithm was tested in real operation environment – engine GDI of Mitsubishi Carisma car.

Key words: SI engines with direct injection of fuel, control of fuel dose and injection angle

Algorytm generowania czasu wtrysku w sterowaniu z cyklu na cykl w silniku GDI

W referacie przedstawiono algorytm generowania czasu wtrysku wg metody „z cyklu na cykl”, zapewniającej żądany skład mieszanki paliwowo-powietrznej w każdym cyklu pracy silnika. Opisano przykładową realizację sprzętową algorytmu. Przedstawiono także wyniki badań poprawności działania algorytmu, przeprowadzonych na silniku GDI samochodu Mitsubishi Carisma w warunkach hamowni podwoziowej.

Słowa kluczowe: silniki ZI z bezpośrednim wtryskiem paliwa, regulacja dawki paliwa i kąta wtrysku

Jerzy LARISCH

PTNSS-2011-SC-155

POPULATION STRUCTURE OF CARS AND THE RESULTS OF PERIODICAL SUPERVISING FOR EXHAUST EMISSIONS CARRIED OUT ON THE VEHICLE INSPECTION STATION

This paper presents a fragment of tests performed at selected vehicle inspection station in the province of Silesia in the pas-

senger car market structure undergoing inspection required by law. The study was conducted from March 2009 to March 2010. There are presented analysis showing the percentage of car brands in the group subject to testing. Paper presents the shares of different models of brands of cars in operation. Presents also the age structure of the car where it is observed outnumbered cars in the range of five to ten years, and the structure of the population of vehicles of different engine displacements. Tests were performed for a population of 423 cars vehicles. This also presents an analysis of emissions from a representative population of 50 cars.

Key words: diagnosis, inspection station vehicle, exhaust emissions

Struktura populacji samochodów i wyniki badań emisji spalin wykonanych na stacji kontroli pojazdów ASO

W referacie przedstawiono wyniki badań samochodów wykonanych na wytypowanej stacji ASO w województwie śląskim. Badane samochody były poddane okresowej kontroli technicznej zgodnie z obowiązującymi przepisami. Badania przeprowadzono w okresie jednego roku, od marca 2009 r. do marca 2010 r. Analiza dotyczy udziałów marek w grupie badanych samochodów oraz udziałów modeli w ramach różnych marek eksploatowanych pojazdów. Przedstawiono strukturę wiekową samochodów, gdzie obserwuje się liczebną przewagę samochodów w przedziale od pięciu do dziesięciu lat oraz strukturę populacji pojazdów o różnych pojemnościach skokowych. Ogółem przebadano 423 pojazdy. Analizę emisji spalin przedstawiono dla reprezentatywnej populacji 50 samochodów.

Słowa kluczowe: diagnostyka, stacja kontroli pojazdów, emisja spalin

Jerzy LARISCH
Zdzisław STELMASIAK
Tomasz GIŁOWSKI

PTNSS-2011-SC-156

THE POSSIBILITY OF SMOKE REDUCING IN AN CI ENGINE USING CNG

The paper presents preliminary studies on the possibility of reducing smoke in a diesel engine using CNG injection, and analyzed the impact of additional fuel gas to the engine performance. Presented in the paper a preliminary study was carried out on a one cylinder, naturally aspirated diesel engine SB3.1 equipped with Common Rail injection system. The research engine was equipped with fuel injection system of natural gas to the intake manifold. The performance was performed as a function of the share of gas in relation to the all energy cycle (CNG and diesel oil). During the measurements recorded opacity, NO_x, HC and CO. Based on recorded pressure waveforms were analyzed the impact of CNG in the thermal efficiency and other combustion parameters of the engine.

Key words: diesel engine, dual fuel engine, CNG injection, opacity

Możliwości ograniczenia zadymienia spalin silnika o zapłonie samoczynnym za pomocą dodatku CNG

W pracy przedstawiono badania dotyczące możliwości ograniczenia zadymienia spalin w silniku ZS za pomocą wtrysku CNG oraz przeanalizowano wpływ dodatkowego paliwa gazowego na parametry pracy silnika. Przedstawione w pracy wstępne badania silnikowe przeprowadzono na jednocylindrowym, wolnossącym silniku badawczym o zapłonie samoczynnym typ SB3.1 zasilanym układem wtryskowym Common-Rail i układem wtryskowym gazu ziemnego do kolektora dolotowego. Charakterystyki wykonano w funkcji udziału paliwa gazowego w całkowitej dawce energii dostarczonej do silnika. W czasie pomiarów rejestrowano zadymienie spalin, emisję NO_x, THC i CO. Przeprowadzono również indykowanie silnika i na podstawie zarejestrowanych przebiegów ciśnień

wykonano obliczenia cieplne i analizy wpływu zasilania CNG na sprawność cieplną obiegu i inne parametry pracy silnika.

Słowa kluczowe: Silnik o zapłonie samoczynnym, silnik dwupaliwowy, wtrysk CNG, zadymienie spalin

Andrzej WOLFF

PTNSS-2011-SC-157

NUMERICAL ANALYSIS OF PISTON RING PACK OPERATION OF A MARINE TWO-STROKE ENGINE

In the paper a complex model of a piston ring pack motion on an oil film has been presented. The local thickness of the oil film can be compared to height of the combined surface roughness of a cylinder liner and piston rings. Equations describing the mixed lubrication problem based on the empirical mathematical model formulated in works of Patir, Cheng and Greenwood, Tripp have been combined and used in this paper. In addition models of gas flow through the labyrinth seal of piston rings, ring twist effects and axial ring motion in piston grooves have been developed. The main parts of the mathematical model and software have been experimentally verified abroad by the author at the marine engine designing centre. In contrast to the previous papers of the author concerning automobile engines, new calculation results for a marine two-stroke engine have been presented. The developed model and software can be utilized for optimization of the piston-ring-cylinder system design.

Key words: marine engines, piston rings, gasdynamics, hydrodynamics, mixed friction

Analiza numeryczna funkcjonowania pakietu pierścieni tłokowych dwusuwowego silnika okrętowego

W artykule przedstawiono kompleksowy model ruchu pakietu pierścieni tłokowych po filmie olejowym o grubości porównywalnej z sumaryczną chropowatością pierścieni i gładzi cylindrowej. Zaadaptowano model przepływu oleju w szczelinie o chropowatych ściankach Patira i Chenga oraz model elastycznego kontaktu chropowatych powierzchni Greenwooda i Trippa. Opracowano także model przepływu gazu przez uszczelnienie labiryntowe pierścieni, jak i model odkształceń kątowych pierścieni i ich pionowych przemieszczeń w rowkach tłoka. Główne człony modelu matematycznego oraz oprogramowania zostały zweryfikowane eksperymentalnie przez autora w zagranicznym ośrodku konstrukcyjnym silników okrętowych. W odróżnieniu od poprzednich artykułów dotyczących silników samochodowych, przedstawiono nowe wyniki obliczeń dla dwusuwowego silnika okrętowego. Opracowany model i oprogramowanie mogą być przydatne przy optymalizowaniu konstrukcji układu tłok-pierścienie-cylinder.

Słowa kluczowe: silniki okrętowe, pierścienie tłokowe, dynamika gazów, hydrodynamika, tarcie mieszane

Ryszard WOŁOZYN

PTNSS-2011-SC-158

SPARK IGNITION ENGINE FOR TRUCK FUELED WITH NATURAL GAS

Fuelling of trucks' engines with natural gas is a solution to meet the demanding standards limiting IC engines' emission. Possible savings which appear because of the use of a cheaper fuel come from proper alignment of the drive unit to the specific work of a truck. The operating costs of the truck equipped with an engine fueled with natural gas depends on the scope of maintenance work which is required by this type of the engine. To meet the expectations associated with the reduction of emission and economical operation of the vehicle a number of modifications of standard IC engine are required. The shape of the pistons and the engine head as well as a change of the fuel system and application of the high energy ignition system are necessary. Additionally the catalyst and

special fuel tanks are required. Application of natural gas as a fuel for trucks' engines must follow the new requirements associated with the introduction of Euro 6 standards in December 2013. A lot of existing diesel engines which drive heavy vehicles will not be able to meet these standards. Both manufacturers of new engines as well as users of many older vehicles will be able to take some advantage of natural gas application which in turn may lead to an increase of the number of new and adopted heavy vehicles fuelled with this fuel. The paper describes the compression ignition engine converted into spark ignition engine for fuelling with natural gas. The engine is applied for driving of SCANIA 124L truck.

Key words: fuel system, LNG, CNG, NGV

Silnik o zapłonie iskrowym zasilany gazem ziemnym przeznaczony do napędu pojazdu ciężarowego

Zasilanie gazem ziemnym silników przeznaczonych do napędu pojazdów ciężarowych jest rozwiązaniem pozwalającym na spełnienie wymagających norm ograniczających emisję spalin. Możliwe oszczędności wynikające z zastosowania tańszego paliwa do zasilania silnika pojazdu ciężarowego wynikają przede wszystkim z właściwego dostosowania jednostki napędowej do charakteru pracy. Na koszty eksploatacji pojazdu wyposażonego w silnik zasilany gazem ziemnym ma duży wpływ zakres prac serwisowych jakich wymaga tego typu zasilanie silnika. Aby spełnić oczekiwania związane z ograniczeniem emisji spalin i tanią eksploatacją pojazdu należy dokonać szeregu modyfikacji konstrukcji adaptowanego silnika obejmujących zmianę kształtu tłoka i adaptację głowicy, dostosowanie układu zasilania i układu zapłonowego, dobór katalizatora oraz zbiorników paliwowych. Perspektywy zastosowania gazu ziemnego do zasilania silników pojazdów ciężarowych muszą uwzględniać nowe wymagania związane z wprowadzeniem norm Euro 6 w grudniu 2013 roku. Wiele dotychczasowych rozwiązań konstrukcyjnych silników o zapłonie samoczynnym stosowanych w pojazdach ciężarowych nie będzie w stanie spełnić tych standardów. Zarówno producenci nowych silników jak również użytkownicy starszych pojazdów będą mogli wykorzystać zalety zasilania gazem ziemnym, co w efekcie może prowadzić do zwiększenia liczby pojazdów ciężarowych napędzanych nowymi lub adoptowanymi jednostkami zasilanymi gazem. W artykule zostanie opisany silnik adoptowany z wersji fabrycznej silnika o zapłonie samoczynnym zasilanej olejem napędowym do wersji silnika o zapłonie iskrowym zasilanej gazem ziemnym. Silnik zastosowano do napędu samochodu ciężarowego SCANIA 124L.

Słowa kluczowe: układ zasilania, LNG, CNG, NGV

Grzegorz BORUTA

PTNSS-2011-SC-160

THE IDENTIFICATION OF VIBRATION AND SOUND SOURCES IN THE HATZ 1B40 ENGINE

Mechanical, aerodynamic, hydrodynamic and electromagnetic processes of the generation vibration and sound in a single-cylinder compression-ignition engine are presented. The sequence of these processes and based on it theoretical vibration spectrum for the HATZ 1B40 engine are presented. This engine is used, among others, like a prime mover for FOGO alternators. Presented results of theoretical analysis will be very useful in practical analysis of the vibration and sound connected with operation of the HATZ 1B40 engine feded various liquid and gaseous fuels.

Key words: mechanics, compression-ignition engine, vibration and sound, diagnostic testing, engine steering

Identyfikacja źródeł drgań i dźwięku w silniku HATZ 1B40

Przedstawiono główne mechaniczne, aerodynamiczne, hydrodynamiczne i elektromagnetyczne mechanizmy generacji drgań i

dźwięku w jednocylindrowym silniku o zapłonie samoczynnym. Przedstawiono kolejność zachodzenia tych procesów i oparte na niej teoretyczne widmo drgań dla silnika HATZ 1B40, stosowanego m. in. jako źródło napędu agregatów prądotwórczych FOGO. Zaprezentowane wyniki analizy teoretycznej będą bardzo pomocne przy praktycznej analizie zjawisk wibroakustycznych związanych z pracą silnika HATZ 1B40 zasilanego różnymi paliwami ciekłymi i gazowymi.

Słowa kluczowe: mechanika, silnik ZS, drgania i dźwięk, diagnostyka techniczna, sterowanie silnikiem

Piotr DROGOSZ
Andrzej PIĘTAK

PTNSS-2011-SC-161

POSSIBILITIES OF USAGE STIRLING ENGINES IN AGROPOWERPLANTS

This paper describes same technical possibility of Stirling engine appalling in cogeneration plants. After all it seems that small ecologic agropowerstations are the better places to applied different kinds of Stirling engines. Stirling engine usage gives possibility to increase energetic efficiency of local spread renewable energy sources. The usage of Stirling engine in cogeneration systems are more interesting compared with other combustion engines. This kind of engines does not have to use more and more expensive fuels and can use waste heat. The Stirling engine can be used in two ways: as high or low temperature systems. However Stirling engines are very quietly and give same opportunity to product hydrogen with technical or energetically quality. Possibility of wide spared, ecologic and relatively chip production of hydrogen is very interesting for renewable energy sources and ecologic fuels for transport vehicles.

Key words: Stirling engine, agropowerplants, hydrogen

Możliwości zastosowania silników o obiegu Stirlinga w agroenergetyce

W artykule opisano możliwości zastosowań silników o obiegu Stirlinga w instalacjach energetycznych i w transporcie. Rozważania ukierunkowano na małe instalacje energetyczne wykorzystujące odnawialne źródła energii. W zakresie opracowania wskazano celowość podziału zastosowań na dwa zakresy temperaturowe zewnętrznego źródła ciepła doprowadzanego do nagrzewnia silników realizujących termodynamiczne obiegi zbliżone do obiegu Stirlinga. Zwrócono również uwagę na możliwość wykorzystania generatorów elektrycznych napędzanych przez silniki Stirlinga do produkcji wodoru technicznego oraz wodoru energetycznego. Wyjaśniono przy tym, dlaczego ta propozycja może być istotna dla szerszego wykorzystania wodoru jako paliwa energetycznego z uwzględnieniem zastosowań transportowych.

Słowa kluczowe: silniki Stirlinga, agroenergetyka, wodór

Andrzej PIĘTAK
Maciej MIKULSKI

PTNSS-2011-SC-162

ON THE MODELING OF PILOT DOSE IGNITION DELAY IN A DUAL-FUEL, SELF IGNITION ENGINE

The goal of the present work, was to determine possible applications of discussed formulas in predicting ignition delay for dual-fuel engines. In order to achieve this goal in-cylinder pressure traces have been recorded for a one cylinder, dual-fuel engine, for different power outputs and different ratios of liquid and gas fuels. Using those results moments of autoignition have been determined for the tested conditions. The measurement data has been compared with calculation results of three different delay models. It has been shown that the

equation proposed by Assanis is able to describe ignition delay very well, for pilot dose quantity more than 20% overall fuel energy.

Key words: ignition delay, dual-fuel CNG engine, mathematical modeling

Modelowanie opóźnienia zapłonu dawki inicjującej w dwupaliwowym silniku o zapłonie samoczynnym

Celem niniejszej pracy jest sprawdzenie możliwości zastosowania proponowanych formuł do opisu opóźnienia zapłonu w silniku dwupaliwowym. W tym celu wykonano pomiary przebiegów ciśnienia w jednocylindrowym silniku dwupaliwowym, dla różnych obciążeń i różnych proporcji poszczególnych paliw. Na ich podstawie wyznaczono momenty wystąpienia zapłonu w silniku. Dane pomiarowe porównano z wynikami obliczeń dla poszczególnych modeli opóźnienia zapłonu. Wykazano, że równanie zaproponowane przez Assanisa bardzo dobrze opisuje opóźnienie samozapłonu w systemie dual-fuel, przy założeniu, że dawka oleju napędowego jest nie mniejsza niż 20% całkowitej energii dostarczanej z paliwem.

Słowa kluczowe: opóźnienie zapłonu, silnik dwupaliwowy CNG, modelowanie matematyczne

Szymon NITKIEWICZ
Kamil DUDA

PTNSS-2011-SC-163

PURIFICATION OF POST FERMENTATION METHANE

The article presents the role of biomethane as a renewable fuel. The condition for such a solution is thoroughly cleaned biogas from substances that are formed in the process of anaerobic methane fermentation. The content of methane in the biogas, which is to be used in engines should not be less than 96%, the concentration of water vapor should be less than 15 mg/m³ and hydrogen sulphide content cannot exceed 100 mg/m³, the gas may not also be present any solid particles greater than 40 microns, which may cause difficulties in the operation of engines. To achieve such a high concentration of methane, we can apply different solutions to be selected adequately to the demand, paying attention at costs, which sometimes leads to the exclusion of the method even despite its very high efficiency. Processes to be carried out in order to purify methane are: desulfurization, removal of carbon dioxide, water vapor removal. In this article we will present some ways which significantly improve the physical and chemical properties extracted gas mixture.

Key words: biogas, methane, purification

Uzdatnianie metanu pofermentacyjnego

W artykule przedstawiono rolę biometanu jako paliwa odnawialnego. Warunkiem takiego rozwiązania jest dokładne oczyszczenie biogazu z substancji, które tworzą się w procesie beztlenowej fermentacji razem z metanem. Zawartość metanu w biogazie, który ma być wykorzystany w silnikach nie powinna być mniejsza niż 96%, stężenie pary wodnej powinno być mniejsze niż 15 mg/m³ i zawartość siarkowodoru nie może przekraczać 100 mg/m³, w gazie nie mogą też być obecne cząstki stałe większe niż 40 mikrometrów, które mogą powodować utrudnienia w eksploatacji silników. Aby osiągnąć tak wysokie stężenie metanu możemy stosować różne rozwiązania, które należy wybrać adekwatnie do zapotrzebowania w danym przypadku zwracając uwagę na koszt, który czasem powoduje wykluczenie danej metody pomimo bardzo wysokiej efektywności. Procesami, które należy przeprowadzić w celu uzdatnienia gazu są: odsiarczenie, usunięcie dwutlenku węgla, usunięcie pary wodnej. W tym artykule przedstawimy kilka sposobów, które w znaczny

sposób polepszają właściwości fizyko-chemiczne pozyskanej mieszanki gazowej.

Słowa kluczowe: biogaz, metan, uzdatnianie

Iwona KOMORSKA
Zbigniew STANIK

PTNSS-2011-SC-164

DIAGNOSING DAMAGED EXHAUST VALVE OF ENGINE BASED ON WAVELET ANALYSIS OF VIBRATION

The paper proposes the method of diagnosing of cylinder exhaust valve leakage based on the measurement of the cylinder head vibration signal. The results of vibration signal analysis of the engine with the damaged exhaust valve and with changed exhaust valve clearance are presented. In this purpose the diagnostic experiment was carried out with car engine Fiat Punto 1.4. During road test the acceleration vibration signal was recorded with additional signals for synchronization and engine timing. The natural amplification of vibration at the range of resonance frequency of the piezoelectric sensor was used. Satisfactory results were obtained based on wavelet analysis of engine vibration signal. The measures of signal were determined that allow determination of the valve condition. This is the non-invasive method and the investigations are conducted during car maintenance. With some modification the method can be used for on-line diagnosis of the exhaust valves.

Key words: reciprocating engine, engine vibration, exhaust valve, wavelet analysis

Diagnozowanie uszkodzenia zaworu wylotowego silnika spalinowego na podstawie analizy falkowej drgań

W referacie zaproponowano metodę diagnozowania nieuszczelnności zawór wylotowy – cylinder w oparciu o pomiar sygnału drgań główicy silnika. Przedstawiono wyniki analizy pomiarów sygnału drgań silnika w warunkach uszkodzonego zaworu wylotowego silnika oraz niewłaściwego luzu zaworowego. W tym celu przeprowadzono czynny eksperyment diagnostyczny na silniku samochodu Fiat Punto 1.2. W czasie testów drogowych zarejestrowano sygnał przyspieszenia drgań, a także pomocnicze sygnały służące synchronizacji oraz identyfikacji faz rozrządu. Wykorzystano przy tym naturalne wzmocnienie drgań w zakresie częstotliwości rezonansowej czujnika piezoelektrycznego. Zadowolające rezultaty uzyskano w oparciu o analizę falkową sygnału przyspieszenia drgań silnika. Wyznaczono miary sygnału w jednoznaczny sposób określający stan zaworu. Metoda jest nieinwazyjna, a badania przeprowadzane są w warunkach eksploatacyjnych. Z pewnymi modyfikacjami metoda może być zastosowana do diagnozowania zaworów on-line.

Słowa kluczowe: silnik spalinowy, drgania silnika, zawór wylotowy, analiza falkowa

Grzegorz BORUTA
Marcin JASIŃSKI

PTNSS-2011-SC-165

USE OF BISPECTRAL MEASURES IN THE DEFECTS ANALYSIS OF THE FUEL SUPPLY SYSTEM OF THE SELF-IGNITION ENGINE

The central issue is extract the relevant diagnostic information from vibroacoustic signal of engine and use it in defects analysis process. The value of the information contained in the bispectrum consists of, among others, the fact that it enables examination of statistical relations between individual components of the spectrum as well as to detect the components generated as a result of occurrence of non-linear effects and the additional feedback associated with the emerging defects. Thus mean that bispectral measures like: diagonal

bispectrum, row bispectrum, max bispectrum, residual bispectrum are useful in detection of engine defects. The object of the experiment was a type S359 run-in six-cylinder, in-line, unsupercharged engine with self-ignition. We realized an active experiment during which we changed the values of parameters of the technical condition without disassembling the engine or only while disassembling some of its elements but while not disturbing the main structure of the engine. The goal of the paper was to demonstrate that it is possible to diagnose defects in a self-ignition engine based on bispectral measures. It's confirm the conclusion that non-linear effects are dominant in defects development.

Key words: vibroacoustic diagnostics of the self-ignition engine, bispectral analysis, bispectral measures

Wykorzystanie miar bispektralnych w analizie uszkodzeń układu zasilania silnika ZS

Głównym zadaniem było wyestachowanie istotnej diagnostycznej informacji z sygnału wibroakustycznego, zarejestrowanego na silniku i wykorzystanie jej w procesie analizy uszkodzeń. Cennaść informacji zawartej w bispektrum polega na tym, że pozwala ono badać statystyczne zależności pomiędzy poszczególnymi składowymi widma oraz wykrywać składowe powstałe w wyniku występowania efektów nieliniowych i dodatkowych sprzężeń zwrotnych związanych z powstającymi uszkodzeniami. Oznacza to, że miary bispektralne takie ja: bispektrum diagonalne, bispektrum wierszowe, bispektrum maksymalne, bispektrum residualne są użyteczne w wykrywaniu uszkodzeń silnika. Obiektem badań był rzędowy, sześciocylindrowy, wolnossący silnik o zapłonie samoczynnym typu S359. Zrealizowano eksperyment czynny, podczas którego zmieniano parametry stanu technicznego bez demontażu silnika lub z demontażem pewnych elementów, nie zaburzającym jednak głównej struktury silnika. Celem pracy było wykazanie, że możliwe jest diagnozowanie uszkodzeń w silniku ZS, na podstawie miar bispektralnych. Potwierdza to wniosek o dominowaniu efektów nieliniowych w powstawaniu uszkodzeń.

Słowa kluczowe: diagnostyka wibroakustyczna silnika ZS, analiza bispektralna, miary bispektralne

Maciej LISOWSKI

PTNSS-2011-SC-168

EVALUATION OF INFLUENCE OF CHANGES OF CAMSHAFT'S PHASES ON FILLING THE CYLINDER OF THE ENGINE WITH SELF-IGNITION

In the article, the evaluation of influence of changes of camshaft's phases of the engine with self-ignition on filling the cylinder of the engine with self-ignition has been introduced. The evaluation has been done based on the results of simulating tests of the engine's approaching system. For the purpose of the simulating tests the mathematical model of the engine and the elaborated by the author its numerical solution based on the McCormack's method have been used. In conducted simulating tests the changes of lifting of the approaching valve depending on the angle of crankshaft's rotation took place. The tests' results have been presented in the form of profile of an air mass changeability left in the cylinder after the approaching valve was closed as a function of the crankshaft's rotational speed of the engine for different angles of opening and closing of the approaching valve.

Key words: phases of camshaft, filling, numerical simulation, verification of the model

Ocena wpływu zmian faz rozrządu na napełnienie cylindra silnika o zapłonie samoczynnym

W artykule przedstawiono ocenę wpływu zmian faz rozrządu silnika o zapłonie samoczynnym na napełnienie cylindra silnika o

zapłonie samoczynnym. Oceny dokonywano na podstawie wyników badań symulacyjnych układu dolotowego silnika. Do badań symulacyjnych wykorzystano matematyczny model silnika i opracowane przez autora numeryczne jego rozwiązanie oparte na metodzie McCormacka. W przeprowadzanych badaniach symulacyjnych dokonywano zmian wzniosu zaworu dolotowego w zależności od kąta obrotu wału korbowego. Wyniki badań przedstawiono w formie charakterystyk zmienności masy powietrza pozostającej w cylindrze po zamknięciu zaworu dolotowego w funkcji prędkości obrotowej wału korbowego silnika dla różnych kątów otwarcia i zamknięcia zaworu dolotowego.

Słowa kluczowe: fazy rozrządu, napelnienie, symulacja numeryczna, weryfikacja modelu

Krzysztof KACZMARCZYK

PTNSS-2011-SC-170

DIESEL DRIVES IN MINE WORKINGS THREATENED BY EXPLOSIVE ATMOSPHERE

Diesel engines are more and more often used in machines, which operate in underground workings threatened by explosive atmosphere, especially in mobile transportation machines such as suspended monorails, floor-mounted railways and locomotives. Characteristic features of mining diesel drive operating in atmosphere threatened by methane and/or flammable coal dust explosion hazard were presented in the paper. Requirements as regards its design and exploitation, which result from ensuring safe operation in specific operational conditions, were discussed. Exemplary applications, in which mining diesel drive was used, were presented.

Key words: mining machines, diesel engine, explosive atmosphere

Napędy spalinowe w wyrobiskach górniczych zagrożonych atmosferą wybuchową

Silniki spalinowe znajdują coraz częstsze zastosowanie w urządzeniach pracujących w wyrobiskach podziemnych zagrożonych atmosferą wybuchową. W szczególności w mobilnych urządzeniach transportowych takich jak kolejki podwieszane, kolejki spagowe oraz lokomotywy. W artykule zaprezentowano charakterystyczne cechy górniczego napędu spalinowego eksploatowanego w atmosferze zagrożonej wybuchem metanu i/lub palnego pyłu węglowego. Omówiono wymagania związane z jego konstrukcją oraz eksploatacją, wynikające ze zapewnienia bezpiecznej pracy w specyficznych warunkach ich użytkowania. Ostatecznie zaprezentowano przykładowe aplikacje, w których zastosowano górniczy napęd spalinowy.

Słowa kluczowe: maszyny górnicze, silnik spalinowy, atmosfera wybuchowa

Bogusław CIEŚLIKOWSKI

PTNSS-2011-SC-171

SPECTRAL ANALYSIS OF DEPOSITS FROM A CATALYTIC CONVERTER OF DIESEL ENGINE

The article presents the issue of deposit formation in a catalytic converter on diesel engine resulting from the use of diesel oil with biocomponents as a modern fuel to power diesel engines. Analysis was performed in a certified laboratory by means of energy dispersive X-ray fluorescence and infrared spectroscopy methods. The aim of this study was to determine the influence of diesel oil with biocomponents used as a modern fuel to power diesel engines on the formation of deposits in the catalytic converter. The inference focused on the analysis of the content of unoxidised organic ingredients precipitated in the catalytic converter. The subject of the study was the catalytic

converter of engine 2.0HD with a documented process of operating, servicing and the information about fuel types.

Key words: catalytic converter, X-ray fluorescence, infrared spectroscopy IR, biocomponents

Analiza spektralna osadów pobranych z katalizatora silnika z zapłonem samoczynnym

W artykule zaprezentowano zagadnienie powstawania osadów w konwerterze katalitycznym (katalizatorze) silnika z ZS w wyniku stosowania oleju napędowego z udziałem biokomponentów jako współczesnego paliwa do zasilania silników z ZS. Analizy przeprowadzono w certyfikowanym laboratorium z wykorzystaniem metod fluorescencji rentgenowskiej z dyspersją energii oraz metod spektroskopii w podczerwieni. Celem prowadzonych badań było określenie wpływu stosowania oleju napędowego z udziałem biokomponentów jako współczesnego paliwa do zasilania silników z ZS na proces tworzenia się osadów w katalizatorze silnika z ZS. Wnioskowanie ukierunkowano na ocenę zawartości wytrąconych w katalizatorze składników nieutlenionych pochodzenia organicznego. Przedmiotem badań był katalizator spalin silnika 2.0HDI z udokumentowanym procesem eksploatacji, przeglądów technicznych i stosowanych rodzajów paliw.

Słowa kluczowe: konwerter katalityczny, fluorescencja rentgenowska, spektroskopia w podczerwieni IR, biokomponenty

Jerzy DUTCZAK

PTNSS-2011-SC-172

Janusz MAGIER

Michał MARECZEK

Tadeusz PAPUGA

Krzysztof ŚLIWIŃSKI

INVESTIGATION OF THE EXHAUST GAS COMPONENTS EMISSION OF THE ROLLS-ROYCE – ALLISON 250 TURBINE ENGINE IN ASPECT OF THE ENGINE TECHNICAL STATE EVALUATION

The preliminary investigations of the Rolls-Royce – Allison 250 turbine engine exhaust gas components have been presented in article. The investigations have been led in aspect of evaluation of engine technical state on the basis of the comparison of the exhaust gas samples drawn in different periods of engine exploitation. The measurements were conducted in different states of engine load according to the procedure generally accepted in aviation engines testing. The exemplary diagrams of the concentration of chosen exhaust gas components obtained on the basis of investigations have been also presented in article.

Key words: turbine engine, exhaust gas emission, engine technical state, engine diagnostics

Badania emisji składników spalin silnika turbospalinowego Rolls-Royce – Allison 250 w aspekcie oceny stanu technicznego silnika

W artykule przedstawiono wstępne badania emisji składników spalin w gazach wylotowych silnika turbospalinowego Rolls-Royce Allison 250. Badania przeprowadzono w aspekcie oceny stanu technicznego silnika na podstawie porównania próbek gazów wylotowych pobieranych w różnych okresach eksploatacji silnika. Pomiarzy przeprowadzono w różnych stanach obciążenia silnika, zgodnie z przyjętą w badaniach silników lotniczych procedurą. W artykule zaprezentowano przykładowe wykresy zmian stężenia wybranych składników spalin otrzymane na podstawie badań.

Słowa kluczowe: silnik turbospalinowy, emisja spalin, stan techniczny silnika, diagnostyka silnika

Jerzy DUTCZAK

PTNSS-2011-SC-173

INVESTIGATION OF THE PARTICLE MATTER EMISSION IN THE EXHAUST GAS OF THE GTD-350 TURBINE ENGINE

The preliminary investigations of particle matter emission in the exhaust gas of GTD-350 turbine engine have been presented in article. Investigations have been led on the test stand by use of particle analyzer TEOM Horiba, equipped with Micro Diluter 6100. The aim of investigations was to check the usability of that analyzer to evaluation of one of the turbine engine exhaust gas parameters. The measurements were performed after previous adaptation of that analyzer originally dedicated to piston internal combustion engines.

Key words: turbine engine, exhaust gas emission, particle matter

Badania emisji cząstek stałych w gazach wylotowych silnika turbospalinowego GTD-350

W artykule przedstawiono wstępne badania emisji cząstek stałych w gazach wylotowych silnika turbospalinowego GTD-350. Badania przeprowadzono na stanowisku pomiarowym przy użyciu analizatora cząstek stałych TEOM Horiba wyposażonego w mini-tunel rozcieńczający Micro Diluter 6100. Celem badań było sprawdzenie przydatności tego analizatora do oceny jednego z parametrów gazów wylotowych silnika turbospalinowego. Pomiary wykonano po uprzedniej adaptacji analizatora, przeznaczonego w założeniu do badań silników tłokowych.

Słowa kluczowe: silnik turbospalinowy, emisja spalin, PM

Bogdan POJAWA

PTNSS-2011-SC-174

USING THE TECHNIQUE OF PLANNING EXPERIMENT FOR APPOINTING CHARACTERISTICS OF THE NAVAL GAS TURBINE

In the process of the routine exploitation naval gas turbine the most important for exploiter is cooperation characteristic engine and his power receiver, in particular if a controllable pitch propeller is it. Because of the fact that ship's documentation does not often contain the that kind of characteristic, they undertook the attempt for her to appoint. Taking preliminary character of examinations into account they decided to carry them out on the laboratory stand with the gas turbine engine GTD-350. Appointing the mathematical model of above characteristics is an issue folded, requiring applying the theory of planning experience. In the article a manner of preliminary implementations of studies and their results were presented. Next results of statistical and content-related analysis of received findings and conclusions expressed on their base.

Key words: naval gas turbine, experiment design, characteristics of the naval gas turbine

Wykorzystanie techniki planowania eksperymentu do wyznaczania charakterystyk okrętowego turbinowego silnika spalinowego

W procesie eksploatacji okrętowych turbinowych silników spalinowych, spośród charakterystyk eksploatacyjnych, najistotniejszą dla eksploatatora jest charakterystyka jego współpracy z odbiornikiem energii. W szczególności jeżeli jest nim śruba o skoku nastawnym. Z uwagi na to, że dokumentacja okrętowa często nie zawiera tego rodzaju charakterystyki, podjęto się próby jej wyznaczenia. Mając na uwadze wstępny charakter badań, postanowiono je wykonać na stanowisku laboratoryjnym z turbinowym silnikiem spalinowym GTD-350. Wyznaczenie modelu matematycznego powyższej charakterystyki jest zagadnieniem złożonym, wymagającym zastosowania teorii planowania doświadczeń. W artykule przedstawiono sposób realizacji badań wstępnych oraz ich wyniki. Następnie wyniki

analizy statystycznej i merytorycznej otrzymanych wyników badań oraz sformułowane na ich podstawie wnioski.

Słowa kluczowe: okrętowy turbinowy silnik spalinowy, plan eksperymentu, charakterystyki okrętowych turbinowych silników spalinowych

Andrzej RÓŻYCKI

PTNSS-2011-SC-175

COMBUSTION NOISE OF THE DUAL FUEL TURBOCHARGED IGNITION ENGINE

The paper presents the results of the tests aimed at determining the effects of an excessive participation of CNG in the energy charge supplied to the cylinders in the occurrence of combustion noise. Pressure processes and head vibrations were submitted to analysis. It was found that with the excessive growth of the CNG share, an excessive increase in maximum pressure and rate of pressure rising appeared in the first sequence. Further increase in the participation of CNG energy led to the appearance of strong head vibration. Pressure measurements were performed in the first cylinder. The analysis of the head vibration embraced/involved all the cylinders of the engine. Significant differences in the level of head vibration deriving from the combustion process in each cylinder were observed. It demonstrates uneven composition of the air-CNG mixture in each cylinder.

Key words: knock, combustion noise, dual fuel engine, CNG, head vibration

Twarda praca i stuk w turbodoładowanym dwupaliwowym silniku o zapłonie samoczynnym

W artykule przedstawiono wyniki badań, które miały na celu określenie wpływu udziału energetycznego CNG w ładunku dostarczanym do cylindra na wystąpienie niekorzystnych zjawisk zachodzących w procesie spalania. Analizie zostały poddane zarejestrowane przebiegi ciśnień i drgania głowicy. Stwierdzono, że przy nadmiernym wzroście udziału energetycznego CNG w pierwszej kolejności dochodzi do nadmiernego wzrostu ciśnień maksymalnych i szybkości narastania ciśnienia. Dalszy wzrost udziału energetycznego CNG prowadzi do pojawienia się silnych drgań głowicy. Pomiary ciśnienia wykonywane były w pierwszym cylindrze. Analiza drgań głowicy obejmowała wszystkie cylindry silnika. Zaobserwowano duże różnice w poziomie drgań głowicy pochodzące od procesu spalania w poszczególnych cylindrach. Świadczy to o nierównomiernym składzie mieszaniny powietrze-CNG w poszczególnych cylindrach.

Słowa kluczowe: stuk, twarda praca, silnik dwupaliwowy, CNG, drgania głowicy

Zbigniew KNEBA

PTNSS-2011-SC-176

COOLANT PUMP CONTROL STRATEGY OF SPARK IGNITION CAR ENGINE

The paper presents an overview of selected items of literature on the possibility of controlling the cooling of the engine. Parameter chosen by the author to assess of the engine thermal state is the temperature of the combustion chamber wall. Describes measurements of the temperature as a function of the performance the main water pump during engine warm-up.

Key words: control of automotive engine cooling, the coolant pump with electric drive

Problemy sterowania wydajnością pompy cieczy chłodzącej silnik samochodowy z zapłonem iskrowym

W pracy przedstawiono przegląd wybranych pozycji literatury na temat możliwości sterowania chłodzeniem silnika. Parametrem wybranym przez autora do oceny stanu cieplnego silnika jest tem-

peratura ścianki komory spalania. Opisano pomiary tej temperatury jako funkcji wydajności głównej pompy cieczy chłodzącej podczas rozgrzewania silnika.

Słowa kluczowe: sterowanie chłodzeniem silnika samochodowego, pompa cieczy chłodzącej z napędem elektrycznym

Jan MONIETA

PTNSS-2011-SC-177

Rafał KLIMONTOWICZ

DATABASE OF SELECTED MARINE PISTON ENGINES FOR DIAGNOSTIC NEEDS

The paper has developed the elaborated an electronic database of selected marine piston combustion engines for diagnostic. The database was constructed for the largest craftion of the national shipowners. It serves to relate the measured parameters of a target engine operating conditions for the reference parameters. State of reference is a state capable engine, which was after its production, confirmed at the time of acceptance tests. To be able to reasonably use the most needed data, collected and cataloged them, allowing the simple search. For this purpose, drawn up a database based on the program, part of the Microsoft Office suite. The database search resolved data by type of vessel. The fields displayed include such names as year and place of construction, the parameters of the ship, flag, etc. For each vessel forms were developed main and auxiliary engines, which allow for easy and quick check of the necessary parameters during operation of the engine. The database contains some parameters of the main propulsion engines and auxiliary and characterization of reference to help determine the diagnosis, prognosis and genesis.

Key words: marine diesel engines, reference parameters, diagnostic

Baza danych o wybranych okrętowych tłokowych silnikach spalinowych dla potrzeb diagnostyki

W pracy przedstawiono opracowaną elektroniczną bazę danych o wybranych okrętowych tłokowych silnikach spalinowych dla potrzeb diagnostyki. Baza danych została wykonana dla jednostek pływających największego krajowego armatora. Służy ona do porównania mierzonych parametrów diagnozowanych silników w warunkach eksploatacji z parametrami odniesienia. Stan odniesienia to stan silnika zdadnego, który był po jego wytworzeniu, potwierdzony w czasie prób odbiorczych. Aby można było racjonalnie wykorzystać potrzebne dane, zgromadzono je i skatalogowano, co pozwoliło na proste wyszukiwanie. W tym celu sporządzono bazę danych w oparciu o program, wchodzący w skład pakietu biurowego Microsoft Office. W bazie danych rozwiązano wyszukiwanie danych według rodzaju statku. W polach wyświetlanych znajdują się takie opisy jak: rok i miejsce budowy, parametry statku, bandera itp. Dla każdego statku opracowano formularze silniki główne i pomocnicze, które pozwolą na łatwe i szybkie sprawdzenie potrzebnych parametrów podczas eksploatacji danego silnika. Baza zawiera wybrane parametry silników napędu głównego i pomocniczych oraz charakterystyki wzorcowe, które ułatwią ustalenie diagnozy, prognozy i genezy.

Słowa kluczowe: okrętowe silniki spalinowe, parametry odniesienia, diagnostyka

Mieczysław STRUŚ

PTNSS-2011-SC-178

THE BIOFUEL BIOXDIESEL WITH ETHYL COMPONENTS IN FEEDING DIESEL ENGINES

This paper presents the physic-chemical properties and analysis and composition of biocomponents (ethyl esters and ethanol) and

three components fuel named Bioxdiesel on utilitarian applications for CI engines. The assessment of efficiency of engines fed by fuel with significant participation of ethyl biocomponents in non stationary states showed, that the supply of energy is the same as for a standard fuel. Positive test results of the fuel lubricity and its use in the low-temperature conditions show a positive impact of biocomponents compositions on durability and operating reliability. Studies on Bioxdiesel with different content of biocomponents showed a significant reduction of CO, HC and the smokiness of the exhaust gases in the range of 40 - 80% compared to the feeding of the same engines by standard fuel, while NOx emissions remained at a similar level. Research of biofuels ability to absorb water from the air show that in the case of a mixture of aliphatic hydrocarbons with alicil esters of higher fatty acids and anhydrous ethanol is much less hydrophilic than the same mixture of hydrocarbons with anhydrous ethanol (in similar proportions).

Key words: Bioxdiesel, ethyl biocomponents, emission, toxic gases, non stationary states

Biopaliwo Bioxdiesel z komponentami etylowymi w zasilaniu silników o zapłonie samoczynnym

W artykule przedstawiono właściwości fizykochemiczne i analizę składu biokomponentów (estrów etylowych i etanolu), a także ocenę wpływu trójkomponentowego paliwa o nazwie Bioxdiesel na własności użytkowe silników o ZS. Ocena efektywności pracy silników w stanach nieustalonych, zasilanych paliwem ze znaczącym udziałem biokomponentów etylowych i standardowym paliwem wykazała, że podaż energii mechanicznej jest na zbliżonym poziomie. Korzystne wyniki badań właściwości smarnych nowego biopaliwa i jego zastosowania w niskich temperaturach otoczenia wykazują pozytywny wpływ tych biokomponentów na trwałość i niezawodność działania silników. Użycie paliwa Bioxdiesel z różną zawartością biokomponentów spowodowało istotne zmniejszenie emisji CO, HC i zadymienia spalin w zakresie 40–80% w porównaniu do zasilania tych samych silników standardowym paliwem, a emisja NOx utrzymywała się na zbliżonym poziomie. Badania zdolności biopaliw do absorbowania wody z powietrza dowodzą, że mieszanina złożona z węglowodorów alifatycznych, estrów alkilowych wyższych kwasów tłuszczowych i bezwodnego etanolu jest znacznie mniej hydrofilowa niż mieszanina węglowodorów z bezwodnym etanolem (w podobnych proporcjach).

Słowa kluczowe: Bioxdiesel, biokomponenty etylowe, emisja, gazy toksyczne, stany nieustalone

Janusz MYSŁOWSKI

PTNSS-2011-SC-179

HYBRID ENGINE STARTUP

The paper presents the problems associated with starting a hybrid engine and the possibility of using an electro-mechanical energy storage. The possibilities of energy storage flywheel and problems associated with the selection of the geometric dimensions of a typical spark ignition engine running in a hybrid system.

Key words: start, hybrid engine

Rozruch silnika hybrydowego

W pracy przedstawiono problemy związane z rozruchem silnika hybrydowego oraz możliwości zastosowania elektromechanicznego magazynowania energii. Opisano możliwości magazynowania energii w kole zamachowym oraz problemy związane z doбором jego wymiarów geometrycznych dla typowego silnika o zapłonie iskrowym pracującego w układzie hybrydowym.

Słowa kluczowe: rozruch, silnik hybrydowy

Bogdan POJAWA

PTNSS-2011-SC-180

THE ENERGETIC DIAGNOSTICS OF NAVAL PROPULSION SYSTEM WITH NAVAL GAS TURBINE

The energy balance is a quantitative configuration of all types of energy which take part in energetic processes in particular machines or devices. Elaborating the energetic balance of the engine allows to conduct an analyze of energetic processes which occur inside. Results of the analyses may be used due to improving the economy of the engine work what is equal with the increase of its effective efficiency. The method of determining the energetic balance of naval power unit with the naval gas turbine is presented in the essay. The laboratory station with the gas turbine was used in introductory researches. Preliminary researches were aimed at measuring physical quantities of the considered object during working under the particular load. Those quantities were indispensable in determining the energy balance in entire range of load changing.

Key words: diagnosing, an energetic balance, a naval gas turbine

Diagnostyka energetyczna okrętowego układu napędowego z okrętowym turbinowym silnikiem spalinowym

Bilans energii jest ilościowym zestawieniem wszystkich rodzajów energii biorących udział w procesach energetycznych odbywających się w rozpatrywanych maszynach lub urządzeniach. Opracowanie bilansu energetycznego silnika (układu napędowego) pozwala na analizę zachodzących w nim procesów energetycznych. Wyniki tych analiz mogą służyć do poprawienia efektywności pracy silnika, a więc podwyższenia jego sprawności efektywnej. W referacie przedstawiono metodę wyznaczania bilansu energetycznego okrętowego układu napędowego z turbinowym silnikiem spalinowym. Do badań wstępnych wykorzystano stanowisko laboratoryjne z turbinowym silnikiem spalinowym. Badania wstępne miały na celu pomiar wielkości fizycznych, podczas pracy na obciążeniach ustalonych rozpatrywanego obiektu badań, niezbędnych do wyznaczenia jego bilansu energetycznego w całym zakresie zmienności jego obciążeń.

Słowa kluczowe: diagnozowanie, bilans energetyczny, okrętowy turbinowy silnik spalinowy

Zbigniew DĄBROWSKI
Maciej ZAWISZA

PTNSS-2011-SC-181

DIAGNOSTICS OF MECHANICAL DEFECTS NOT RECOGNISED BY THE OBD SYSTEM IN SELF-IGNITION ENGINES

There is no denying that these modern engines are devices of a much higher reliability than years ago, and that the mentioned above microprocessor control system – supported by the on-board diagnostic system – this reliability still improves. However, it does not mean that mechanical defects caused by manipulative errors, wrong service, exploitation or premature wearing out can not occur at all. It also does not mean that in each case of the defect occurrence it will be recognised by the diagnostic system. The main aim of the modern on-board diagnostic systems supervising the operation of electronic control systems is – first of all – satisfying the ecological requirements. The current investigations indicate explicitly that there is such group of defects (mainly mechanical) at which the developed control system performing self-adjustment does not recognise the defect and even weakens its typical external symptoms. Thus, the question how to perform diagnostics of internal combustion engines, to improve the recognition of such defects and to minimise the failure probability, became the essential one. A possibility of using residual processes as diagnostic signals in the OBD systems, as well as a dynamic devel-

opment of digital methods of signal analysis, indicate that symptoms from vibroacoustic signals could become valuable supplements of the on-board diagnostic systems.

Key words: diagnostic of self-ignition engines, vibroacoustic signals, mechanical defects not recognised by the OBD system

Diagnostyka usterek mechanicznych niewykrywanych przez system OBD w silnikach ZS

Nie można zaprzeczyć, że nowoczesne silniki są urządzeniami o znacznie wyższej niezawodności niż przed laty. Nie oznacza to jednak, że usterki mechaniczne, wywołane błędami wykonania, obsługi, eksploatacji czy przedwczesnym zużyciem, nie mogą w ogóle wystąpić. Nie oznacza to również, że w każdym przypadku wystąpienia usterki zostanie ona przez system diagnostyczny rozpoznana. Głównym celem współczesnych pokładowych systemów diagnostycznych nadzorujących pracę elektronicznych systemów sterowania jest bowiem przede wszystkim spełnienie wymagań ekologicznych. Z dotychczasowych badań wynika jednoznacznie, że istnieje taka grupa uszkodzeń (głównie mechanicznych), przy których rozbudowany system sterowania dokonując samoregulacji co najważniejsze nie rozpoznaje tego uszkodzenia a na dodatek osłabia typowe objawy zewnętrzne. Zasadniczym stało się więc postawienie pytania jak prowadzić diagnostykę silników spalinowych aby zwiększyć wykrywalność tego typu uszkodzeń a co za tym idzie zminimalizować prawdopodobieństwo wystąpienia awarii. Możliwość wykorzystania w systemach OBD, jako sygnałów diagnostycznych, procesów reszkowych oraz dynamiczny rozwój cyfrowych metod analizy sygnałów nasuwają wniosek, że cennym uzupełnieniem pokładowych systemów diagnostycznych mogłyby być symptomy z sygnału WA.

Słowa kluczowe: diagnostyka silników ZS, sygnały WA, uszkodzenia mechaniczne niewykrywane przez system OBD

Tomasz KNAZIEWICZ
Leszek PIASECZNY

PTNSS-2011-SC-183

MODELLING OF ECOLOGICAL CHARACTERISTICS OF MARINE MAIN PROPULSION DIESEL ENGINES

The work presents the procedure for modelling ecological characteristics of marine main propulsion diesel engines. The engine's ecological characteristics are related to its work condition and external conditions. A method has been given of determining this condition for various typical sailing conditions. The basis for determining the engine's ecological characteristics related to exhaust emission is provided by the hull's resistance characteristics in various sailing conditions. The engine's power characteristics were determined from them, and on their basis were determined the propeller characteristics of toxic compounds emission from exhausts and NO_x emission intensity. Vessel movement parameters were determined from data gathered by the AIS system.

Key words: marine engines, ecological characteristics, modelling

Modelowanie wyznaczania charakterystyk ekologicznych okrętowych silników spalinowych napędu głównego

W pracy przedstawiono tok postępowaniu przy modelowaniu charakterystyk ekologicznych okrętowych silników spalinowych napędu głównego. Charakterystyki ekologiczne silnika związane są z jego stanem pracy oraz warunkami zewnętrznymi. Podano sposób określania tego stanu dla różnych, typowych warunków pływania okrętu. Podstawą wyznaczania charakterystyk ekologicznych silnika związanych z emisją spalin są charakterystyki oporowe kadłuba statku w różnych warunkach pływania. Z charakterystyk tych wyznaczono charakterystyki mocy silnika a na ich podstawie charakterystyki śrubowe emisji związków toksycznych zawartych

w spalinach oraz natężenia emisji NO_x . Parametry ruchu statków określono z danych gromadzonych przez system AIS.

Słowa kluczowe: silniki okrętowe, charakterystyki ekologiczne, modelowanie

Tomasz KNAZIEWICZ
Leszek PIASECZNY

PTNSS-2011-SC-184

METHOD OF CREATING DYNAMIC CHARACTERISTICS OF POLLUTION EMISSION BY MARINE DIESEL ENGINES

In the report the dynamic work conditions of marine diesel engines have been identified. The identification was based on the changes of ship movement parameters, engine steering by the operator and his work conditions. There have been considered the dynamic processes of engine pollution emission being the result of the transient work of the ship's propulsion system. These processes are difficult to determine experimentally, therefore it was decided to describe them by ship movement equations determined in a simplified way based on data obtained from AIS ship movement identification system, as well as the results of own research. The research results may provide the basis for original tests for determining dynamic characteristics of pollution emission.

Key words: emission, harmful compounds, marine engines, dynamic characteristics

Metoda tworzenia charakterystyk dynamicznych emisji zanieczyszczeń przez okrętowe silniki spalinowe

W referacie dokonano identyfikacji dynamicznych warunków pracy okrętowych silników spalinowych. Identyfikacja ta została wykonana na podstawie zmian parametrów ruchu statków, sterowania silnikiem przez operatora i warunków jego pracy. Rozpatrzono dynamiczne procesy emisji zanieczyszczeń silnika, będące następstwem niestabilnej pracy okrętowego układu napędowego. Procesy te są trudne do określenia eksperymentalnego i dlatego zdecydowano opisać je równaniami ruchu okrętu wyznaczonych w sposób uproszczony na podstawie danych uzyskanych z systemu identyfikacji ruchu statków (AIS), a także wyników realizowanych badań własnych. Uzyskane wyniki badań mogą być podstawą do opracowania propozycji oryginalnych testów do określenia dynamicznych charakterystyk emisji zanieczyszczeń.

Słowa kluczowe: emisja, związki szkodliwe, silniki okrętowe, charakterystyki dynamiczne

Marek IDZIOR
Wojciech KARPIUK
Maciej BAJERLEIN
Paweł DASZKIEWICZ
Paweł STOBNIKI

PTNSS-2011-SC-185

EVALUATION OF INFLUENCE OF SELECTED NOZZLES' CONSTRUCTIONAL PARAMETERS ON EMISSION OF TOXIC COMPOUNDS IN COMPRESSION IGNITION ENGINES

The subject of this paper is an analysis of the possible improvement in the ecological factors for the compression ignition engines. Two types of nozzles, which have a different in number of holes and its diameters, were used during investigation. The measure that has enabled the problem to be explored is a detailed analysis of spraying the diesel fuel. Examinations were realized on two types of stands. The stage of the visualization examinations carried out on the stand outside the engine was the first part of the examinations. "The engine response" to the suggested changes was tested during the engine

examinations (second stage of examinations). Obtained results have confirmed a chance of an effective improvement in the indexes of emission formed in compression ignition engine.

Key words: ecology, toxic compounds emission, nozzle's construction, CI engines

Ocena wpływu wybranych parametrów konstrukcyjnych rozpylaczy na emisję związków toksycznych w silnikach o zapłonie samoczynnym

Przedmiotem niniejszej pracy jest analiza możliwości poprawy wskaźników ekologicznych silników o zapłonie samoczynnym. W badaniach wykorzystano dwa rozpylacze różniące się liczbą otworków rozpylających i ich średnicą. Środkiem pozwalającym na zgłębienie zagadnienia była szczegółowa analiza rozpylenia oleju napędowego. Badania wykonano na dwóch rodzajach stanowisk badawczych. Pierwszą część badań stanowił etap badań wizualizacyjnych przeprowadzony na stanowisku pozasilnikowym. W fazie badań silnikowych (drugi etap badań) dokonano sprawdzenia „odpowiedzi” silnika na zaproponowane zmiany. Otrzymane rezultaty potwierdziły możliwość poprawy wskaźników emisyjnych silników o ZS.

Słowa kluczowe: ekologia, emisja związków toksycznych, konstrukcja rozpylacza, silniki o ZS

Marek IDZIOR
Wojciech KARPIUK
Maciej BIELIŃSKI
Tomasz BOROWCZYK

PTNSS-2011-SC-186

ANALYSIS OF INFLUENCE OF RAPESEED OIL AND DIESEL FUEL INJECTION PRESSURE ON ITS SPRAYING AND COMBUSTION PROCESS IN COMPRESSION IGNITION ENGINES

The paper contains evaluation of influence of rapeseed oil and diesel fuel injection pressure on its spraying and combustion process in compression ignition engines. The analysis was made as two-stage examinations. In the first stage – visualization examination – effects of the injection pressure of fuels on the macro-parameters of the streams of the sprayed fuels were examined. Having found during the visualization examinations a chance for a possible change in the quality of fuel spraying, "the engine response" to the suggested changes was tested during the engine examinations. The analysis of the obtained results was realized on the basis of a comparison between the toxic compounds and smoke concentration levels while fuelling the engine with bio-fuels. The obtained results were referred to the conventional fuel.

Key words: ecology, unprocessed rapeseed oil, spraying, biofuels combustion, CI engines

Analiza wpływu ciśnienia wtrysku nieprzetworzonego oleju rzepakowego na jego rozpylenie i spalanie w silnikach o zapłonie samoczynnym

W pracy zawarto ocenę wpływu generowanego ciśnienia wtrysku nieprzetworzonego biopaliwa rzepakowego na jego rozpylenie i spalanie w silnikach o zapłonie samoczynnym. Analiza składała się z dwóch etapów. W pierwszym z nich, na stanowisku do badań wizualizacyjnych, sprawdzano oddziaływanie ciśnienia wtrysku paliw na parametry makrostrukturalne strug rozpylanych paliw. Po stwierdzeniu w etapie badań wizualizacyjnych możliwości zmiany jakości rozpylenia paliw, w fazie badań silnikowych dokonano sprawdzenia „odpowiedzi” silnika na zaproponowane zmiany. Analiza uzyskanych rezultatów zrealizowana została na podstawie porównania poziomów stężeń związków szkodliwych i zadymienia

zarejestrowanych przy zasilaniu silnika biopaliwami. Otrzymane wyniki odnoszono do paliwa konwencjonalnego.

Słowa kluczowe: ekologia, nieprzetworzony olej rzepakowy, rozpylenie, spalanie biopaliw, silniki o ZS

Andrzej BIENIEK
Jarosław MAMALA
Mariusz GRABA

PTNSS-2011-SC-190

ANALYSIS OF COMBUSTION PROCESS AT MULTIPHASE INJECTION AT NONROAD DIESEL ENGINE

Introduction of multiphase fuel injection to nonroad vehicles allow to shape of combustion process, which has significant influence on engine operating indexes. Beside of ecological properties essential importance has also fuel consumption or culture of engine operating. In the paper is prototype of multiphase injection system of nonroad engine presented. The study include also analysis of combustion process at control of multiphase injection in aspect of obtained engine operating indexes. At presented analysis also influence of injection regulation parameters at in cylinder pressure were take into account.

Key words: combustion process, nonroad engine, operating indexes

Analiza procesu spalania przy zastosowaniu wielofazowego wtrysku w silniku diesla pojazdu nonroad

Wprowadzenie do silników pojazdów nonroad wielofazowego wtrysku paliwa pozwala na kształtowanie przebiegu procesu spalania, co istotnie wpływa na uzyskiwane wskaźniki jego pracy. Oprócz własności ekologicznych istotne znaczenie ma też zużycie paliwa czy np. kultura pracy silnika. W pracy przedstawiono prototypowy system wtrysku wielofazowego silnika pojazdu nonroad. Praca zawiera także analizę procesu spalania przy zastosowaniu sterowania wielofazowym wtryskiem paliwa w aspekcie uzyskiwanych wskaźników pracy silnika. W analizie zwrócono również uwagę wpływ parametrów oraz sposobu podziału dawki wtryskiwanego paliwa na przebieg ciśnienia indykowania.

Słowa kluczowe: proces spalania, pojazd nonroad, wskaźniki pracy

Andrzej BIENIEK
Jarosław MAMALA
Mariusz GRABA
Agata LENC-BROL

PTNSS-2011-SC-191

ADAPTIVE CONTROL OF EXHAUST GAS RECIRCULATION AT NONROAD VEHICLE DIESEL ENGINE

In the paper proposed solution the EGR valve is a prototype construction of an electronical controlled EGR. The openness of the valve is freely programmable and is controlled by adaptive algorithm saved in the ECU. As feedback signal to control the openness of EGR valve is used an NO_x sensor placed at engine outlet pipe. The paper describe an control circuit of EGR Valve and include research results of nonroad vehicle diesel emissions (NO_x and PM missions). The proposed adaptive control of EGR Valve shows potential to reduce especially NO_x emissions in aspect to fulfill further emission regulation TIER/Euro.

Key words: exhaust gas recirculation, NO_x emissions reduction, adaptive control, EGR valve

Adaptacyjne sterowanie recyrkulacją spalin w silniku diesla pojazdu nonroad

W rozwiązaniu proponowanym w niniejszej publikacji zawór EGR jest konstrukcją prototypową opartą elektronicznym sterowaniu

recyrkulacją spalin. Stopień otwarcia zaworu jest w programowalny i sterowanym adaptacyjnym algorytmem zapisanym w ECU (*Electronic Control Unit*). Jako sprzężenie zwrotne zastosowano sygnał czujnika tlenków azotu umieszczonego w układzie wydechowym. Opracowanie opisuje system sterowania zaworem EGR i zawiera wyniki badań emisji szkodliwych składników spalin silnika pojazdu non-road (NO_x i PM). Proponowane rozwiązanie posiada potencjał pozwalający na ograniczenie emisji w szczególności NO_x w aspekcie spełnienia przyszłościowych norm emisji spalin TIER/Euro.

Słowa kluczowe: recyrkulacja spalin EGR, ograniczenie emisji NO_x , sterowanie adaptacyjne, zawór EGR

Andrzej BIENIEK

PTNSS-2011-SC-192

Mariusz GRABA
Andrzej LECHOWICZ

CONTROL OF AGRICULTURAL ENGINE INJECTION SYSTEM IN ASPECT OF ECOLOGICAL PROPERTY IMPROVEMENT

Development of diesel injection system cause significant possibilities to affect the combustion process, and themselves to their ecological properties. In case of nonroad vehicles injection system should be characterized with insensibility to disadvantageous condition occurred during their operation. High requirements are also set in reliability and durability of this solutions. One of the significant features are ecological properties, which should be fulfill according to emission regulation TIER/Euro. The paper concentrate with possibilities of fuel injection control at nonroad engine in aspect to improve ecological properties namely reduction of emission of harmful substances. Paper presents prototype solution of control of mechatronized injection pump that enable multiphase fuel injection. This study include analysis of research results as influence of injection control to ecological properties (emission of NO_x , PM) of engine used in agricultural tractor. As show the realized analysis advanced control of injection system allow to reduction of harmful substances emission.

Key words: reduction of emission of NO_x , PM, multiphase injection, nonroad engine

Sterowanie układem wtryskowym silnika ciągnika rolniczego w aspekcie poprawy jego własności ekologicznych

Rozwój układów wtryskowych silników o zapłonie samoczynnym spowodował powstanie znacznych możliwości wpływu na proces spalania, a tym samym na jego własności ekologiczne. W przypadku pojazdów poruszających się poza drogami utwardzonymi układy wtryskowe powinny charakteryzować się niewrażliwością na niekorzystne czynniki występujące podczas ich pracy. Wysokie wymagania stawia się też jeżeli chodzi o niezawodność i trwałość takich rozwiązań. Jednym z istotnych cech są właściwości ekologiczne, które powinny być spełnione według odpowiednich norm emisji spalin TIER/Euro. W pracy skoncentrowano się na możliwości sterowania wtryskiem paliwa w silniku pojazdu nonroad w aspekcie poprawy własności ekologicznych tj. ograniczenia emisji substancji szkodliwych. Publikacja przedstawia prototypowe rozwiązanie sterowania zmechatronizowaną pompą wtryskową umożliwiającą zastosowanie wtrysku wielofazowego. Praca zawiera analizę wyników badań wpływu sterowania wtryskiem paliwa na własności ekologiczne (emisja NO_x , PM) silnika stosowanego w ciągniku rolniczym. Jak pokazuje przeprowadzona analiza zaawansowane sterowanie wtryskiem paliwa pozwala na obniżenie emisji substancji szkodliwych.

Słowa kluczowe: ograniczenie emisji NO_x , PM, wtrysk wielofazowy, silnik pojazdu nonroad

Mariusz CYGNAR
Grzegorz BUDZIK
Marek ALEKSANDER
Mirosław GRZELKA

PTNSS-2011-SC-194

RP AND RT PROCESS APPLICATION FOR AIRCRAFT ENGINE BLADES CAST MODELS MANUFACTURING

The article presents process application of the rapid prototyping (RP) and rapid tooling (RT) for manufacturing of model blades of aircraft turbine for casting process. It is describing the method of modeling of the chosen elements of casting model kit with the usage of RP and RT systems. The article presents the analysis of additive rapid prototyping methods (SLA) in an aspect of manufacturing of casting models. The possibilities of RP system usage to the ceramic form were the main criteria of the analysis. The ceramic form is a one of the parts of process casting of aircraft engine. In the article the possibilities making of models by means of rapid tooling system based on the Vacuum Casting (VC) technology were also analysed. The Vacuum Casting technology allows to produce the silicone mold under decreasing pressure. Silicone tools allow to create wax casting models as a casting process. Rapid prototyping and rapid tooling technologies allow to create casting wax models of a blade and other parts of casting models. The SLA and RT (VC) allow to accelerate process of manufacturing of blades of aircraft engines.

Key words: blade, turbine, rapid prototyping, rapid tooling

Zastosowanie procesów RP i RT do wytwarzania modeli odlewniczych łopatek silników lotniczych

Artykuł przedstawia możliwości wykonania prototypów łopatek silników lotniczych z zastosowaniem szybkiego prototypowania (RP) i szybkiego wytwarzania narzędzi (RT). Opisane zostały metody modelowania wybranych elementów modelowego układu odlewniczego z zastosowaniem systemów RP i RT. Artykuł opisuje analizę przyrostowego procesu szybkiego prototypowania z zastosowaniem metody SLA w aspekcie użycia modeli stereolitograficznych jako modeli odlewniczych do wytwarzania ceramicznych form. Wytwarzanie form ceramicznych jest jednym z etapów procesu produkcyjnego łopatek silników lotniczych. Dlatego w artykule przedstawiono również możliwości wykonania modeli odlewniczych służących do wykonywania tego typu form z zastosowaniem procesu Vacuum Casting (VC). W procesie tym modele woskowe odlewane są w formach silikonowych wytworzonych z zastosowaniem metody Rapid Tooling opartej na technologii Vacuum Casting. Metody RP i RT pozwalają na znaczne przyspieszenie prac nad wytworzeniem modeli odlewniczych łopatek turbin silnika lotniczego oraz innych elementów odlewniczego zestawu modelowego.

Słowa kluczowe: łopaska, turbina, szybkie prototypowanie, szybkie wytwarzanie narzędzi

Tadeusz HEJWOWSKI
Hubert DĘBSKI
Grzegorz KOSZAŁKA

PTNSS-2011-SC-195

NUMERICAL ANALYSIS OF FAILURE TO DIESEL ENGINE HEAD AND VALVES

In the paper, the results of FEM calculations of stress, temperature and displacement distributions are presented. The considered engine was naturally aspirated diesel engine of 4C90 type. The numerical calculations were performed by means of ABAQUS/Standard software. The considered elements of the engine were cylinder head,

inlet and exhaust valves. The results of numerical analysis identify mechanism of failure of cylinder head as low cycle fatigue caused by cyclic switching on and off the engine and provide precisely locations of cracks. Results of calculations proved that there is the considerable slip at the surface of contact of valve with valve insert, which is caused by the relative displacement of valves and inserts. It is the cause of adhesive wear. High temperature of exhaust valve surface accelerates corrosion. The carried out numerical calculations enable to analyze in detail failure causes of diesel engine.

Key words: diesel engine, finite element method, inlet valve, exhaust valve, wear mechanisms

Analiza numeryczna przyczyn uszkodzeń głowicy i zaworów silnika o zapłonie samoczynnym

W pracy przedstawiono wyniki obliczeń numerycznych wykonanych metodą elementów skończonych rozkładów naprężeń, temperatury i przemieszczeń. Rozpatrywanym silnikiem był wolnossący silnik o zapłonie samoczynnym typu 4C90. Obliczenia wykonano przy pomocy programu ABAQUS/Standard. Rozważanymi elementami silnika były zawory dolotowy i wylotowy oraz głowica. Wyniki analiz numerycznych identyfikują mechanizm uszkodzenia głowicy jako zmęczenie niskocyklowe spowodowane cyklicznym włączaniem i wyłączaniem silnika i poprawnie określają lokalizację pęknięć. Rezultaty obliczeń udowodniły, że występuje znaczny poślizg na powierzchni kontaktu grzybka i gniazda, co jest spowodowane wzajemnym przemieszczeniem gniazd i zaworów i jest przyczyną zużywania adhezyjnego. Wysoka temperatura powierzchni przylgni zaworu wylotowego powoduje intensywną korozję. Przeprowadzone obliczenia numeryczne umożliwiają szczegółową analizę przyczyn uszkodzeń silnika ZS.

Słowa kluczowe: silnik o zapłonie samoczynnym, metoda elementów skończonych, zawór wylotowy, zawór dolotowy, mechanizmy zużycia

Slawomir LUFT
Tomasz SKRZEK

PTNSS-2011-SC-196

DEVELOPMENT OF TIMING DEVICES IN SPARK IGNITION PISTON-TYPE INTERNAL COMBUSTION ENGINES

The paper discusses some timing device constructions which are applied in modern piston-type engines. The solutions are both commonly applied and freshly introduced. The main goal of the paper is to present designs and principles of operation of chosen solutions as well as to show evolution of the development tendencies over the last decades. Continuous research on the improvement of piston-type engine efficiency and performances as well as on the limitation of harmful exhaust emission is clear visible also in investigation on the charge exchange process. Importance of this subject is confirmed by a great number of innovative methods to control the valve system operation.

Key words: timing devices, phase variation, valve stroke variation, charge exchange

Rozwój układów rozrządu tłokowych silników spalinowych o zapłonie iskrowym

W artykule omówionych jest kilka rozwiązań konstrukcyjnych układów rozrządu, które znalazły zastosowanie we współczesnych silnikach tłokowych. Są to zarówno rozwiązania stosowane dość powszechnie, jak również takie, które dopiero znajdują zastosowanie. Celem niniejszego artykułu jest przybliżenie budowy oraz zasady działania wybranych rozwiązań a także uwidocznienie

pewnych tendencji rozwojowych, jakie miały miejsce na przestrzeni ostatnich kilku dziesięcioleci. Ciągłe poszukiwanie metod podniesienia sprawności, osiągnięć oraz obniżenia poziomu emisji związków szkodliwych tłokowego silnika spalinowego jest mocno widoczne również w obszarze badań nad procesem wymiany ładunku. Potwierdzeniem wagi zagadnienia jest znaczna ilość wprowadzonych nowatorskich metod sterowania pracą układu zaworowego.

Słowa kluczowe: układy rozrząd, zmienność faz, zmienność skoku zaworów, wymiana ładunku

Vladimír HLAVNĀ
Emil TOPORCER

PTNSS-2011-SC-197

HYDRODYNAMICS OF THE INJECTION EQUIPMENT

An additional expansion of fuel from the area under the nozzle needle seat into the combustion space considerably influences HC, CO and PM formation. The mentioned expansion can be limited by the injection process optimization. One element of the fuel system playing a significant role in the injection process – its hydrodynamics, is a delivery valve of the injection pump fulfilling also the role of relieving the high-pressure area. The paper deals with hydrodynamics of the injection equipment with a multi-cylinder injection pump. Achieved results serve as input parameters for a subsequent model and experimental solution of the influence of observed parameters on economic and ecological parameters of diesel engines.

Key words: diesel engine, multi-cylinder injection pump, isovolumetric and equal pressure delivery valves, fuel delivery timing

Józef GRUSZKA

PTNSS-2011-SC-198

GLOBAL TRENDS IN CYLINDER LINERS TECHNOLOGY

The article presents the issues related to new technologies in the processes of cylinder liners. Discusses the factors which stimulated their development, presents trends in the Example of the author in projects MAHLE: PSA-BMW, Mercedes, engines platforms HDEP-DAF, VOLVO, Daimler AG and Daimler, Truck, Scania, MAN.

Key words: cylinder liners, development, new technologies

Światowe tendencje w technologii produkcji tulei cylindrowych

W artykule przedstawiono problematykę nowych technologii w procesach produkcji tulei cylindrowych. Omówiono uwarunkowania będące stymulatorem ich rozwoju, przedstawiono tendencje rozwojowe na przykładzie prac autora w ramach projektów MAHLE: PSA-BMW, Mercedes, platformy silników HDEP-DAF, VOLVO, Daimler AG i Daimler Trucks, Scania, MAN.

Słowa kluczowe: tuleje cylindrowe, rozwój, nowe technologie

Andrzej PIĘTAK
Kamil DUDA

PTNSS-2011-SC-199

THE CONCEPT OF THE DEVICE TO SIMULATE LOW-CALORIE MIXTURE OF GASEOUS FUEL TO POWER DIESEL ENGINES

The paper describes the composition and properties of low caloric gases may serve as fuel to power Diesel engines, where ignition is initiated with a piloting dose. Properties of individual gases inclusive in the mixture of gas used for fuel were characterized and presented. A devices to measure and control the flow of individual gases, in order to determine concentrations of individual gases request were presented. A concept of a device for creating a mixture of given

composition, used to power the engine fueled with known parameters, to determine its performance characteristics.

Key words: self-ignition, wood gas, biogas, fuel mixture, gas parameters, simulator

Koncepcja urządzenia do symulowania składu mieszanki nisko-kalorycznych paliw gazowych do zasilania silników o zapłonie samoczynnym

W pracy omówiono skład i właściwości niskokalorycznych gazów mogących służyć jako paliwo do zasilania silników o zapłonie samoczynnym, których zapłon inicjowany jest przy pomocy wtrysku dawki pilotującej. Scharakteryzowano i przedstawiono właściwości poszczególnych gazów wchodzących w skład mieszaniny gazów służących jako paliwo. Zaprezentowano urządzenie służące do pomiaru oraz kontroli przepływu poszczególnych gazów składowych, w celu ustalenia ich stężeń. Przedstawiono koncepcję urządzenia do tworzenia mieszanki o zadanym składzie, służącego do zasilania silnika paliwem o znanych parametrach, celem optymalizacji jego pracy z zadanym paliwie.

Słowa kluczowe: zapłon samoczynny, gaz drzewny, biogaz, skład mieszanki, parametry gazu, symulator

Jerzy MERKISZ

PTNSS-2011-SC-200

Piotr LJJEWSKI

Sylwester WEYMANN

Adam P. DUBOWSKI

Grzegorz SKORNY

EXHAUST EMISSIONS FROM AGRICULTURAL VEHICLES USED IN TRANSPORT

The paper discusses the issues of exhaust emissions from vehicles most frequently used on farms. Transport is an integral part of food manufacturing almost on every stage of the product life cycle. Ready-to-eat food very often needs processing; it often incorporates transport of half products to appropriate facilities. The transport between the processing facilities and the distribution of food products are carried out by typical road vehicles i.e. heavy and light trucks. In the case of agricultural produce it is very often the farm tractors with appropriate trailer sets that are used for transport. The paper presents the comparison of the exhaust emissions and fuel consumption from a farm tractor and a car. The tests were performed under real operating conditions in real traffic. For the tests the authors used a portable exhaust emission analyzer SEMTECH by Sensors. Both vehicles covered the same route with the same load of 4000 kg.

Key words: exhaust emissions, agricultural vehicles, transport

Emisja związków toksycznych spalin z pojazdów rolniczych wykorzystywanych do transportu

Artykuł dotyczy problemu emisji związków toksycznych ze środków transportu najczęściej wykorzystywanych w rolnictwie. Z produkcją żywności związany jest transport niemal na każdym etapie istnienia produktu. Żywność gotowa do spożycia niejednokrotnie wymaga przetwarzania, bardzo często związane jest z transportem półproduktów do odpowiednich zakładów. Transport między zakładami przetwórstwa oraz dystrybucja produktów żywnościowych odbywa się przy wykorzystaniu typowo drogowych pojazdów, tzn. ciężarówek i samochodów dostawczych. Natomiast w przypadku płodów rolnych bardzo często do transportu wykorzystywane są ciągniki rolnicze z odpowiednim zestawem przyczep. W artykule przedstawiono porównanie emisji związków toksycznych oraz zużycia paliwa z ciągnika rolniczego i samochodu. Badania wykonano w rzeczywistych warunkach eksploatacji, w ruchu drogowym, przy użyciu mobilnego analizatora spalin SEMTECH

firmy Sensors. Oba pojazdy pokonywały tą samą trasę z takim samym obciążeniem 4000 kg.

Słowa kluczowe: emisja spalin, pomiary w warunkach drogowych

Jerzy MERKISZ
Piotr LIJEWSKI
Paweł FUĆ

PTNSS-2011-SC-201

THE COMPARISON OF THE EMISSIONS AND FUEL CONSUMPTION IN VEHICLES FITTED WITH DIFFERENT POWERTRAIN UNDER REAL OPERATING CONDITIONS

Light-duty vehicle exhaust emissions tests are currently carried out on a chassis dynamometer in the NEDC cycle in Europe and FTP-75 in the U.S. It should be noted that tests performed in this way do not entirely reflect the real road operating conditions of vehicles. Hence, vehicle road tests (real traffic conditions) rapidly gain in importance. The tests performed under real traffic conditions provide invaluable information on the relations between the engine parameters, vehicle parameters and traffic conditions (traffic congestion) on one side and the exhaust emissions on the other. The necessity to reduce the exhaust emissions from vehicles forces the engineers to seek alternative powertrains. Solutions like fuel cells are still relatively distant. We should expect that in the coming years powertrains based on the process of combustion would remain a prevailing solution, though probably in a hybrid configuration or using alternative fuels. The paper presents the result of road tests obtained in an urban and extra-urban cycles for vehicles fitted with different engines (spark ignition engine, compression ignition engine, spark ignition LPG fueled engine, hybrid engine). For the tests, a portable emission analyzer SEMTECH DS. By SENSORS was used. This analyzer provides online measurement of the concentrations of exhaust emission components on a vehicle in motion under real traffic conditions. The tests were performed in city traffic. A comparative analysis has been presented of the obtained results for vehicles with individual powertrains.

Key words: emissions, real operating conditions measurement

Emisja związków toksycznych spalin w rzeczywistych warunkach eksploatacji z samochodów z różnymi źródłami napędu

Badania emisji związków szkodliwych spalin z pojazdów typu light-duty obecnie są wykonywane na hamowni podwoziowej w teście NEDC w Europie i FTP-75 w USA. Należy zauważyć, że tak przeprowadzone badania nie w pełni odzwierciedlają rzeczywiste warunki ruchu drogowego. W związku z tym coraz większego znaczenia nabierają badania prowadzone w rzeczywistych warunkach eksploatacji pojazdu, czyli wykonywane w ruchu ulicznym. Badania wykonywane w rzeczywistych warunkach eksploatacji dostarczają cenne informacje na temat zależności między parametrami pracy silnika, parametrami jazdy samochodu, jak również warunkami drogowymi (natężeniem ruchu) a emisją związków toksycznych spalin. Zmniejszenie emisji związków toksycznych spalin wymusza poszukiwanie alternatywnych źródeł napędu pojazdów. Rozwiązania takie jak ogniwa paliwowe nadal wydają się stosunkowo odległą perspektywą. Należy spodziewać się, że w najbliższych latach nadal będą dominować układy napędowe wykorzystujące silniki spalinowe, zapewne coraz częściej w układzie hybrydowym lub zasilane paliwami alternatywnymi. W artykule przedstawiono wyniki badań drogowych uzyskane w cyklu miejskim, wykonane dla pojazdów wyposażonych w różne źródła napędu: silnik benzynowy, silnik o zapłonie samoczynnym, silnik o zapłonie iskrowym zasilany LPG i hybrydowy i pozamiejskim. Do pomiarów tych wykorzystano mobilny analizator spalin SEM-

TECH DS. firmy SENSORS. Jest to analizator, który umożliwia badanie stężeń związków szkodliwych spalin on-line podczas jazdy samochodem w rzeczywistych warunkach drogowych. Badania drogowe wykonano w ruchu miejskim. Przedstawiono analizę porównawczą uzyskanych wyników badań dla pojazdów z poszczególnymi źródłami napędu.

Słowa kluczowe: emisja związków toksycznych, pomiary w warunkach drogowych

Tomasz KNEFEL
Tomasz GANCARCZYK

PTNSS-2011-SC-202

STRENGTH ANALYSES OF RAILS' FUEL SUPPLY SYSTEMS

Strains and stresses of two different high pressure rails of fuel supply systems have been analyzed in the paper. The analysis has been divided in two stages. In the first only rails and in the second rails with high pressure lines have been considered. The finite element method has been used in the research. For the same fuel pressure load, the cylindrical rail had lesser strains and stresses. Joining of fuel lines reduced deformations and stresses. It was found, that the cylindrical rail is more suitable for the application in Diesel engine.

Key words: Diesel engine, Common Rail system, modelling, finite element method

Analizy wytrzymałościowe zasobników wysokiego ciśnienia układów Common Rail

W artykule przeanalizowano odkształcenia i naprężenia dwóch różnych zasobników wysokiego ciśnienia układów Common Rail. Wybrano zasobniki różniące się wewnętrzną objętością, kształtem, wymiarami geometrycznymi oraz umiejscowieniem króćców przyłączeniowych przewodów paliwowych. Analizę podzielono na dwa etapy. W pierwszym rozważano same zasobniki, a w drugim zasobniki wraz z dołączonymi do nich przewodami wysokiego ciśnienia. Do przeprowadzenia obliczeń wykorzystano metodę elementów skończonych. Przy tej samej wartości ciśnienia obciążającego zasobniki, w przypadku walcowego stwierdzono mniejsze wartości odkształceń i naprężeń, dlatego można wnioskować, że w tym przypadku połączenia z przewodami wtryskowymi są mniej narażone na uszkodzenia i utratę szczelności. W obu rozważanych zasobnikach dołączenie przewodów spowodowało niewielkie zmniejszenie odkształceń i naprężeń. Stwierdzono, że walcowy zasobnik układu Common Rail lepiej nadaje się do zastosowania w silniku spalinowym.

Słowa kluczowe: silnik ZS, akumulatorowy układ zasilania w paliwo, modelowanie, metoda elementów skończonych

Hubert KUSZEWSKI
Kazimierz LEJDA
Adam USTRZYCKI

PTNSS-2011-SC-203

STUDY OF THE INJECTION PROCESS IN THE COMMON RAIL SYSTEM IN ASPECT OF FUEL ENERGY PARAMETERS

The paper presents preliminary results for study concerning a fuel injection using the method of injection into the constant volume chamber filled with fuel. A specially designed test stand allowing the maintenance of stable working conditions of the injection system is presented. The study was conducted under different conditions of working the Common Rail injection system. In the next stage calorific value of alternative fuels were measured to choose the opening time of injector, which independently from used fuel will provide an energy equivalent fuel charge.

Key words: Common Rail system, diesel engine, fuel injection

Badania procesu wtrysku w układzie Common Rail w aspekcie energetycznych parametrów paliwa

W artykule przedstawiono wstępne wyniki badań dotyczące wtrysku paliwa przy wykorzystaniu komory o stałej objętości, wypełnionej paliwem. Przedstawiono specjalnie do tego celu opracowane stanowisko badawcze, umożliwiające utrzymywanie stabilnych warunków pracy układu wtryskowego. Badania prowadzono w różnych warunkach pracy układu wtryskowego Common Rail. Dokonano pomiaru wartości opałowej paliw alternatywnych w celu doboru czasu otwarcia wtryskiwacza, który niezależnie od zastosowanego paliwa zapewni równoważną energetycznie dawkę paliwa.

*Słowa kluczowe: akumulacyjne układy zasilania, silnik wysoko-
prężny, wtrysk paliwa*

Hubert FRIEDL
Günter FRAIDL
Paul KAPUS

PTNSS-2011-SC-204

CHALLENGES AND SOLUTIONS FOR MODERN GASOLINE ENGINE APPLICATIONS

Future CO₂ scenarios raise the need for a systematic view on the best fitting solution for the whole drivetrain. A wide range of different technical solutions are available to suit the individual demands. Out of this large variety, short-termed this may be a direct injected downsized turbocharged gasoline engine as one of the most promising solutions to be applied in large volume production. On the other extreme there may be an electric powertrain, considered to be more long-termed. For both approaches and for all solutions in between there are challenges which have to be overcome. This paper deals with specific challenges of named two powertrain applications and describes the technical solutions for it:

- For the gasoline direct injected engine (GDI) the forthcoming EURO 6 emission standards, especially with respect to particulate number PN emissions, is considered to be a challenge.
- For electric vehicles the limited operation range due to battery weight and cost is a hard trade-off which has to be matched. So called Range Extender RE units with combustion engines may be a solution for this.

By systematical evaluation of potential solutions and by means of appropriate development tools and methodology the challenges for development of future leading powertrain can be overcome.

Key words: gasoline, particulate number, emission reduction, hybrid, electric vehicle, range extender

Jerzy MERKISZ
Jarosław MARKOWSKI
Maciej BAJERLEIN
Marek WALIGÓRSKI
Jacek MAJDRY

PTNSS-2011-SC-206

THE ASSESSMENT OF THE FUEL ATOMIZATION BASED ON VIBROACOUSTIC PROCESSES

Diesel engine ecological parameters greatly depend on the course of the combustion process. An appropriate course of this process is conditional upon a proper mixture formation in the combustion chamber i.e. charge swirl and fuel atomization. The swirl of the charge results from the adopted design of the intake manifold, geometrical parameters of the combustion chamber and engine speed. The fuel atomization depends on the injection parameter and the conditions of the injector itself, particularly its nozzle. To date, the issue of a clear evaluation of the injector ability of obtaining appropriate atomization parameters remains unresolved. The paper presents the concept and

the results of its validation based on the preliminary tests of fuel atomization in open space with the use of vibroacoustic processes.

Key words: diesel engine, injection, fuel atomization, vibroacoustic methods

Jerzy MERKISZ
Jarosław MARKOWSKI
Jacek PIELECHA

PTNSS-2011-SC-207

THE EXHAUST EMISSION TESTS OF A ZLIN-142 M AIRCRAFT

Due to a rapid development of air transport there is a need for assessment of real environmental perils related to the aircraft operation. The main environmental risks are the products of incomplete combustion contained in the exhaust gases. The paper presents the results of the emission tests of a Zlin-142 M under the stationary test conditions.

Key words: exhaust pollutants, exhaust emissions, research, piston aircraft engine

Dieter PEITSCH

PTNSS-2011-SC-208

“PROPELLING THE FUTURE – THE MEANING OF ACARE VISION 2050 FOR THE FUTURE DEVELOPMENT OF PROPULSION SYSTEMS FOR AIRCRAFT”

Air traffic is expected to grow significantly faster than the world economy in total. In order to keep the environmental implications small, the overall air traffic system has to be substantially improved. This includes all technical sectors: aircraft, propulsion, air traffic operation and control, a lot of socio-economic areas around airports and so on. This paper concentrates on the requirements for new approaches for aerospace propulsion system according to ACARE Committee's VISION 2050. The following options, supporting the targets of VISION 2050 are discussed in the paper: new engine concepts, new combustion concepts, alternative fuels and new energy sources, the “More Electric Aircraft” i.e. replacing the hydraulic and pneumatic subsystems by an all electric system and changes in the aircraft configuration and integration of the propulsion system. The main conclusion of the paper is that some significant improvements in the air transport system can only be achieved by joint efforts taken by engine manufacturers, aircraft designers, airport and air traffic control managers and all disciplines involved in aerospace. A very good approach to address this is to continue and create joint research programs on a European and international basis.

Key words: aircraft, combustion concept, alternative fuels

Bronisław SENDYKA
Marcin NOGA

PTNSS-2011-SC-209

ANALIZA PRZEBIEGU CIŚNIEŃ SPALANIA W SILNIKU DWUOBIEGOWYM Z ZAPŁONEM ISKROWYM I SAMOCZYNNYM

W artykule opisano wyniki badań prowadzonych na czterosuwowym silniku spalinowym, który ma możliwość pracy, zarówno z zapłonem iskrowym, jak też i samoczynnym od dawki zapłonowej paliwa według rozwiązania patentowego autorstwa B. Sendyki. Analizie poddano przebiegi ciśnienia w cylindrze w funkcji kąta obrotu wału korbowego dla przypadku pracy z zapłonem iskrowym oraz samoczynnym od dawki zapłonowej. Przedstawiono również przebiegi zmian szybkości przyrostu ciśnienia w funkcji kąta obrotu wału korbowego oraz przedstawiono wzrost ciśnienia w przestrzeni roboczej

silnika będący wynikiem procesu spalania dla obydwu systemów zapłonu i spalania. Podczas pracy silnika z inicjacją spalania od dawki zapłonowej uzyskano przyrost średniego ciśnienia indykowanego, jak też i sprawności cieplnej oraz ogólnej. W dalszej części pracy przedstawiono obliczenia prowadzące do określenia przebiegu udziału ładunku spalonego w funkcji kąta obrotu wału korbowego dla obu trybów pracy. Uzyskane wyniki wskazują na poprawę przebiegu procesu spalania w przypadku inicjacji spalania od dawki zapłonowej, co ma wpływ na znaczące podniesienie sprawności ogólnej silnika, jak to ma miejsce w silniku o zapłonie samoczynnym.

Słowa kluczowe: silnik dwuobiegowy, zapłon iskrowy i samoczynny, zwiększenie sprawności ogólnej silnika spalinowego

Bronisław SENDYKA
Marcin NOGA
Mariusz CYGNAR

PTNSS-2011-SC-210

ELEKTRONICZNY SYSTEM STEROWANIA ZMIANĄ RODZAJU ZAPŁONU Z ISKROWEGO NA SAMOCZYNNY W CZTEROSUWOWYM SILNIKU SPALINOWYM

W dotychczas prowadzonych badaniach zwiększenia sprawności ogólnej silnika dwuobiegowego zmianę zapłonu z iskrowego na samoczynny wykonywano manualnie w zależności od uznania prowadzącego badania, natomiast niniejsza praca analizuje wprowadzenie elektronicznego systemu sterowania przy zmianie z obiegu iskrowego na samoczynny i odwrotnie: z samoczynnego na iskrowy. Idea takiego sterownika polega na tym, że wykorzystuje się wartości parametrów takich, jak temperatura cieczy chłodzącej silnik, obciążenie oraz prędkość obrotowa. Warunek przełączania z zapłonu iskrowego na samoczynny odbywa się po przekroczeniu pewnej wartości funkcji, którą można zapisać $A_1 = f(T_s, M_o, n)$. W tym przypadku elektroniczny system jednocześnie uruchamia układ wtrysku bezpośredniego dawki zapłonowej i wyłącza zasilanie zespołu cewek zapłonowych. Od tego momentu silnik pracuje z dwoma układami zasilania: wielopunktowym wtryskiem paliwa do przewodów dolotowych dostarczającym ładunek zasadniczy i drugim układem wtryskującym dawkę zapłonową paliwa. Przy dalszym zwiększaniu obciążenia, prędkości obrotowej silnik pracuje z zapłonem samoczynnym. W przypadku znaczącego zmniejszenia obciążenia, prędkości obrotowej i obniżenia temperatury przełączenie odwrotne odbywa się na tej samej zasadzie w oparciu o wartość funkcji $A_2 = f(T_s, M_o, n)$, tzn. włącza się układ zapłonowy, a wyłączany jest system wtrysku zapłonowego. Rozwiązanie takie nie wymaga ingerencji prowadzącego badania, jak również kierowcy w przypadku zastosowania silnika do napędu pojazdu. Układ elektroniczny sterowany komputerem określa rodzaj zapłonu w celu uzyskania największej wartości sprawności ogólnej.

Słowa kluczowe: silnik dwuobiegowy, zapłon iskrowy i samoczynny, zwiększenie sprawności ogólnej silnika spalinowego

Jerzy MERKISZ
Wojciech GIS
Andrzej ŻÓLTOWSKI

PTNSS-2011-SC-211

BIOGAS AS VEHICLE FUEL

The road transport in Europe almost fully depends on fossil fuel. This dependence concerns in particular oil. Diversification of the road transport fuels will be a key attribute for road transport in the coming years. Biogas is one of alternative renewable fuels. Actually in Poland biogas is used for generating electricity and heat. In some countries (for example in Sweden), upgraded biogas to natural

gas quality, is used as a vehicle fuel too. In this paper described biogas production and production potential in two countries: Poland and Sweden. It is one of the purposes of European Project Baltic Biogas Bus, realized presently. General purpose of the Project is determination of the production possibility in Baltic Sea Region Countries taking part in the Project. The paper characterized biogas and biomethane emerging after its upgrading. Authors of the paper discussed ecological results of biogas (biomethane) application for fuelling city buses too.

Key words: alternative fuels, biogas, city bus transport

Biogas jako paliwo pojazdów

Europejski transport drogowy niemal w pełni zależy od paliw kopalnych. Dotyczy to w szczególności ropy naftowej. Dywersyfikacja paliw w transporcie drogowym będzie kluczowym problemem do rozwiązania w najbliższych latach. Biogaz jest odnawialnym paliwem alternatywnym. Aktualnie w Polsce biogaz jest wykorzystywany głównie do produkcji energii elektrycznej i ciepła. W niektórych państwach (np. w Szwecji), biogaz oczyszczony do jakości gazu ziemnego, jest również stosowany jako paliwo do pojazdów. W artykule opisano możliwości produkcyjne oraz potencjał produkcji biogazu obu Państw: Polski i Szwecji. Jest to jednym z celów realizowanego obecnie europejskiego projektu Baltic Biogas Bus. Celem projektu jest określenie możliwości produkcji biogazu w państwach regionu Morza Bałtyckiego biorących udział w projekcie. Przedstawiono właściwości biogazu i biometanu przed i po ugradingu. Opisano skutki ekologiczne stosowania biogazu (biometanu) do zasilania silników autobusów miejskich.

Słowa kluczowe: paliwa alternatywne, biogaz, miejski transport autobusowy

Stanisław KRUCZYŃSKI
Ryszard WOŁOSZYN
Marek STĘPNIEWSKI

PTNSS-2011-SC-212

COMBUSTION OF NATURAL GAS MIXED WITH AIR IN SPARK IGNITION ENGINE

The taken subject matter is aimed to show all fundamental changes in the combustion process of air – natural gas mixture in comparison to air – gasoline mixture combustion in the engine. Air – CNG mixture creates worse conditions for spark flashover due to higher resistance than air – gasoline mixture.

Key words: ignition discharge, ignition voltage

Spalanie mieszanki gazu ziemnego z powietrzem w silniku o zapłonie iskrowym

Podjęta tematyka ma na celu pokazanie wszystkich istotnych zmian w procesie spalania powietrza i gazu ziemnego w porównaniu do spalania mieszanki powietrza i benzyny w silniku. Mieszanka powietrza z CNG stwarza gorsze warunki do przeskoaku iskry, z powodu większej oporności niż mieszanka powietrza z benzyną.

Słowa kluczowe: wyladowanie zapłonowe, napięcie zapłonu

Bronisław SENDYKA
Marcin NOGA

PTNSS-2011-SC-213

OKREŚLENIE ZWIĘKSZENIA SZYBKOŚCI SPALANIA ŁADUNKU W SILNIKU DWUOBIEGOWYM OTTO-DIESEL

W pracy podjęto badania i analizę zwiększenia szybkości spalania w silniku dwuobiegowym Otto–Diesel dla następujących

przypadków: praca silnika z zapłonem iskrowym i przejście na obieg Diesla przez bezpośredni wtrysk dawki zapłonowej. W trakcie pracy silnika przy przejściu z obiegu Otto, tzn. wyłączenie zapłonu i zastosowanie dawki zapłonowej uzyskano zwiększenie ciśnienia spalania. Przeprowadzono analizę udziału masowego ładunku spalonego dla przypadku pracy silnika z zapłonem iskrowym i zapłonem samoczynnym. Wyraźnie widoczne jest zwiększenie szybkości spalania ładunku. Ponadto w trakcie prowadzonych badań dokonano porównawczego określenia temperatur spalin dla silnika o zapłonie iskrowym oraz dla zapłonu za pomocą dawki inicjującej zapłon dla dwóch przypadków kąta wtrysku tej dawki 28 i 30 °OWK przed GMP. Stwierdzono obniżenie temperatury spalin dla zapłonu od dawki inicjującej. W związku z obniżeniem temperatury spalin w przypadku zapłonu od dawki inicjującej wystąpiło również zmniejszenie ilości tlenu azotu w spalinach.

Słowa kluczowe: analiza szybkości spalania w silniku dwuobiegowym, zapłon iskrowy, zapłon samoczynny, zwiększenie sprawności ogólnej silnika spalinowego

Zbigniew CHMIELEWSKI

PTNSS-2011-SC-214

CYCLICALITY OF THE OIL EXCHANGE IN THE ENGINE IN TERMS OF WEAR PROCESS OF CYLINDER LINERS

The study attempts to correlate the two phenomena occurring in an internal combustion engine during operation. The first is the cyclical replacement of engine oil during its operation process equivalent to the replacement of a structural element of the tribological system piston-piston rings-cylinder liner (TPC). The second phenomenon is the engine cylinder liner wear as TPC part not subject to be exchanged until reaching the boundary condition (SG) of the engine. Changes in physical and chemical properties of oil during operation reflect technical condition of TPC. Degradation and refreshing of oil during operation cause the changes of indicators describing his condition. The proposed indicator of intensity of changes of oil properties C_w brings averaged information about the intensity of the impact of engine on the oil, while long-term trend reflects the observed changes. The calculated value of indicator for oil at the time of the exchange allows you to specify wear of cylinder liners of operated engine. The usefulness of the method was verified during operational research.

Key words: engine wear, engine oil, operational research

Cykliczność wymiany oleju w silniku spalinowym w aspekcie procesu zużywania tulei cylindrowych

W pracy podjęto próbę skorelowania dwóch zjawisk zachodzących w eksploatowanym silniku spalinowym. Pierwsze z nich to cykliczna wymiana oleju silnikowego w procesie eksploatacji równoznaczna z wymianą elementu konstrukcyjnego układu tribologicznego tłok-pierścienie tłokowe-tuleja cylindrowa (TPC). Drugim zjawiskiem jest zużywanie tulei cylindrowej silnika jako elementu TPC nie podlegającego wymianie do osiągnięcia stanu granicznego (SG) przez silnik. Zmiany własności fizykochemicznych oleju w czasie eksploatacji odzwierciedlają m.in. stan techniczny układu TPC. Zjawiska degradacji i odświeżania oleju w czasie eksploatacji powodują zmiany wartości wskaźników opisujących jego stan. Zaproponowany wskaźnik intensywności zmian własności oleju C_w niesie ze sobą uśrednioną informację na temat intensywności oddziaływania silnika na olej, jednocześnie odzwierciedla długotrwałą tendencję obserwowanych zmian. Obliczona wartość wskaźnika dla oleju w chwili jego wymiany pozwala określić zużycie tulei cylindrowych eksploatowanego

silnika. Przydatność metody zweryfikowano w badaniach eksploatacyjnych.

Słowa kluczowe: zużycie silnika, olej silnikowy, badania eksploatacyjne

Piotr BIELACZYC

PTNSS-2011-SC-217

Andrzej SZCZOTKA

Joseph WOODBURN

THE USAGE OF BIOETHANOL IN LIGHT-DUTY SI VEHICLES – A BRIEF OVERVIEW

Ethanol produced from fermentation of biomass has been of interest as a potential partial replacement for petroleum in SI engines for some time. The oxygenated nature of the ethanol molecule can aid combustion and reduce production of partial combustion products (HC, CO). Ethanol can be splash blended with petrol to produce blends. Blends with up to 10% ethanol can be used with few problems in all but the oldest vehicles; up to 15% ethanol has recently been deemed safe for use in light duty vehicles produced with the last decade. The E85 blend (8% ethanol) requires specially designed vehicles, which are becoming more common in certain markets. The main issues associated with the use of ethanol and its blends are its corrosivity, affinity to water and its lower stoichiometric ratio. Increases in emission of aldehydes and a slight increase in emission of oxides of nitrogen have also been reported, and concern has been raised over the potential of increased aldehyde emissions to form more ground-level ozone. The potential for an improvement in air quality, engine performance and fuel supply security and sustainability makes work on the production and usage of ethanol and its blends a multidisciplinary research priority.

Key words: SI engine, bioethanol

Zdzisław STELMASIAK

PTNSS-2011-SC-218

THE COMBUSTION CONTROLLING IN THE DUAL FUEL CI ENGINE BY PILOT DOSE DIVISION

The paper presents the results of dual fuel engine fuelled by compressed natural gas and diesel oil as the initial dosage. The primary objective of this study was to determine the possibility of activating the combustion gas-air mixtures by a division of initial dosage. First dose injected to the angle of ignition timing as with the diesel oil supply was required to initiate the combustion process. Second dose is injected with a variable delay, the assumption still during the combustion process, was charged with maintaining the combustion gas mixture. Controlling the combustion process is achieved by changing the angle of delay of an extra dose injection. Division of initiation dose lowers the maximum combustion pressure, rate of pressure increase and a significant reduction the heat release rate. As a result of controlled combustion showed an increase in thermal engine efficiency and reduce NO_x emissions. At the same time slightly deteriorated, CO and THC_x .

Key words: dual fuel, pilot dose, thermal efficiency, combustion parameters, natural gas

Sterowanie spalaniem w dwupaliwowym silniku ZS przez podział dawki inicjującej

W pracy przedstawiono wyniki badań dwupaliwowego silnika zasilanego gazem ziemnym sprężonym i olejem napędowym jako dawką inicjującą. Podstawowym celem badań było określenie możliwości aktywizacji spalania mieszaniny gaz-powietrze przez podział dawki inicjującej. Dawka pierwsza wtryskiwana z

kątem wyprzedzenia zapłonu jak przy zasilaniu samym olejem napędowym miała za zadanie zainicjowanie procesu spalania. Druga dawka wtryskiwana ze zmiennym opóźnieniem, w założeniu już w czasie trwania procesu spalania, miała za zadanie podtrzymanie procesu spalania mieszaniny gazowej. Sterowanie procesem spalania osiągnęto przez zmiany kąta opóźnienia wtrysku dawki dodatkowej. Podział dawki inicjującej powoduje obniżenie ciśnień maksymalnych spalania, szybkości przyrostu ciśnienia oraz istotne zmniejszenie szybkości wydzielenia ciepła. W efekcie sterowanego spalania zaobserwowano wzrost sprawności ogólnej silnika oraz zmniejszenie stężenia NO_x w spalinach. Równocześnie nieznacznie pogorszeniu uległa emisja CO i THC.

Słowa kluczowe: silnik dwupaliwowy, dawka inicjująca, sprawność cieplna, parametry spalania, gaz ziemny

Herman WELTENS

PTNSS-2011-SC-219

REMARKS ON THE EXHAUST AFTERTREATMENT TECHNOLOGIES

Poland is an important market, particularly in view of retrofitting of the city buses with particulate filters and/or SCR-systems to reduce the emission of NO_x. Aftertreatment technologies used in city buses for the improvement of the air quality in major cities have been presented in the paper. The paper also presents: EU regulations for tailpipe emissions of commercial vehicles and for air quality; low Emission Zones in EU-cities; exhaust aftertreatment technologies for commercial vehicles (Trucks and buses); different kinds of particulate filters, passive regeneration systems, active regeneration systems and SCR-systems; practical examples of original equipment applications on city buses (Solaris, MAN, VDL, Van Hool) and practical examples of retrofit applications on city buses (Evobus, Solaris, MAN, Ikarus).

Key words: exhaust emission, aftertreatment, SCR, DPF

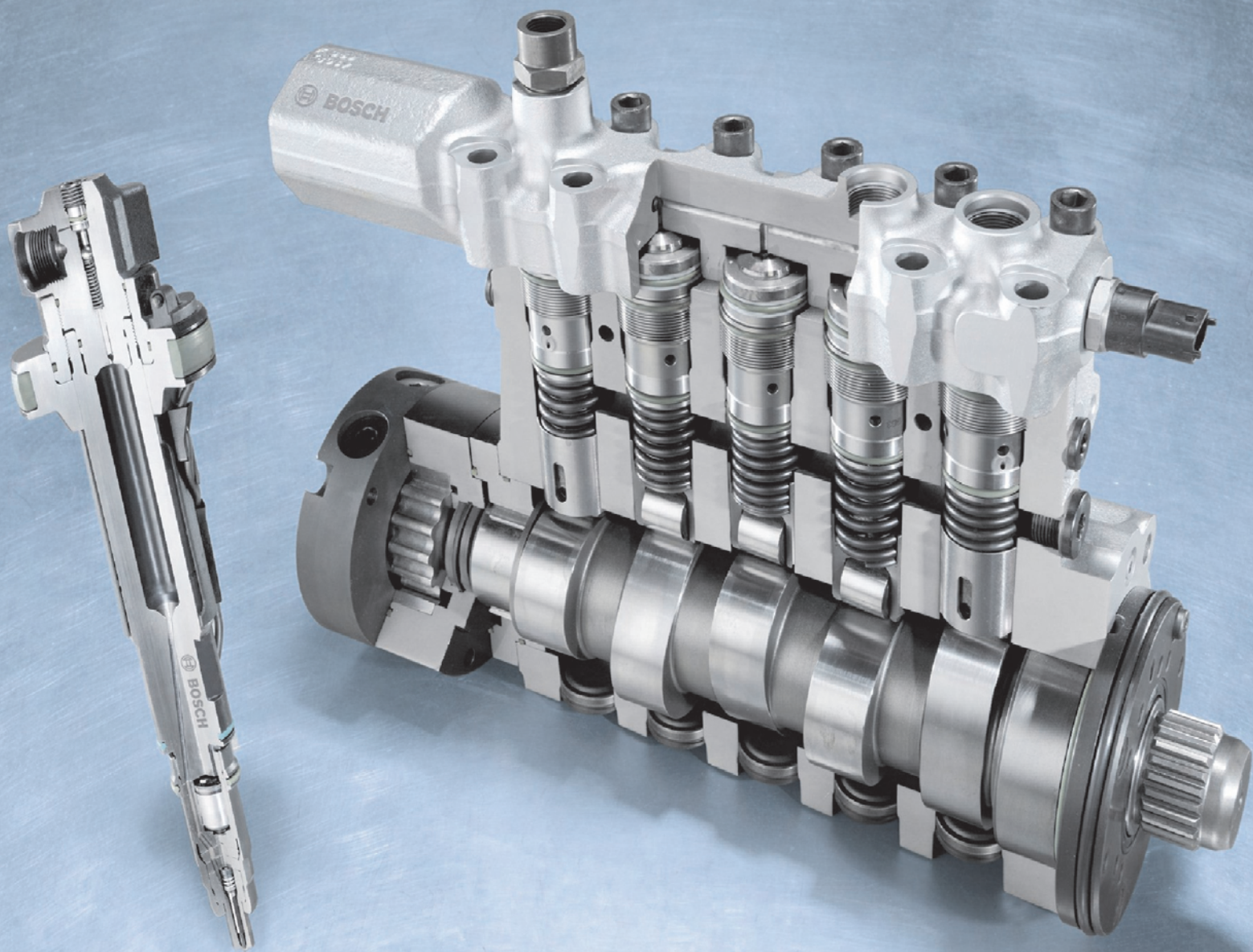
1921-2011

90 FIAT
LAT W POLSCE

Fiat Auto Poland



Jeep[®]



Wydawca:

Polskie
Towarzystwo
Naukowe
Silników
Spalinowych

ISSN: 0138-0346



Polskie Towarzystwo Naukowe Silników Spalinowych

Polish Scientific Society of Combustion Engines

O Towarzystwie

Cele
Statut
Regiony

Władze
Zarząd
Komisja Rewizyjna

Członkowie
Założyciele
Honorowi
Zwyczajni
Wspierający

Kontakt
Kontakt

Członkostwo
Wniosek

Z życia PTNSS
Zebrania Zarządu
Zebrania Członków
Inicjatywy
Komunikaty

Konferencje
Konferencje PTNSS
Konferencje inne
Konferencje opisy

Kontakt

Prenumerata

Skład-osobowy

Koncepcja wyd.

Współpraca

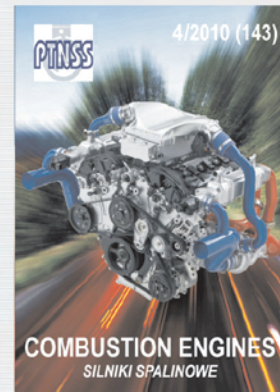
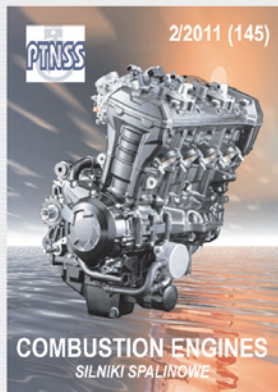
Zgłoszenia

Zapowiedź

Bieżący numer

Archiwum

Pod każdą ze stron tytułowych jest link do spisu artykułów.



www.ptnss.pl