

Paweł FABIŚ

BADANIE WPŁYWU LUZU ZŁOŻENIA TŁOK-CYLINDER NA POZIOM DRGAŃ KADŁUBA SILNIKA – KONCEPCJA STANOWISKA BADAWCZEGO

Streszczenie. W opracowaniu przedstawiono stanowisko do badań przyspieszeń drgań wraz z opisem aparatury pomiarowej a także koncepcję budowy stanowiska do badań symulacyjnych luzu złożenia tłok-cylinder.

RESEARCH OF PISTON SLAP ON THE ENGINE BLOCK VIBRATION – CONCEPTION OF BENCH FOR SIMULATION

Summary. The paper presented research bench for the IC engine vibration analysis and describe measurement accessories. Presented as well the conception of the piston-cylinder clearance bench.

1. WPROWADZENIE

Jednym z kierunków prac badawczych prowadzonych na Wydziale Transportu Politechniki Śląskiej jest racjonalność wykorzystania energii zawartej w paliwach alternatywnych do zasilania tłokowych silników spalinowych. Skuteczność wykorzystania energii jest oceniana jakością procesu spalania tych paliw w silnikach spalinowych.

Dlatego też istotnym problemem w realizowaniu badań jest dokładność systemów pomiarowych oraz szybkość ich działania. Prace nad stworzeniem odpowiedniego systemu pomiarowego w zakresie akwizycji danych są prowadzone od 1990 roku i obejmują swym zakresem następujące działania:

- budowę systemu zbierania i analizy parametrów pracy silnika z wykorzystaniem interfejsów pomiarowych własnej konstrukcji, współpracujących z komputerami klasy PC o względnie dużej mocy obliczeniowej,
- budowę systemu zbierania informacji opartego na komputerach przenośnych klasy PC, wykorzystywanego podczas badań eksploatacyjnych (na pojeździe),
- wykorzystanie własnych aplikacji oprogramowania.

W budowie systemu wykorzystywane jest również oprogramowanie ASYST spełniające oczekiwania w zakresie akwizycji danych jak i ich analizy zastąpiono w roku 2000 oprogramowaniem LAB View.

2. MOŻLIWOŚCI PRZETWARZANIA OPROGRAMOWANIA LABVIEW

Program LabView jest uniwersalnym środowiskiem do tworzenia zindywidualizowanych programów obsługi eksperymentów pomiarowych. W skład tego środowiska wchodzi następujące grupy programów:

- systemowe,
- zbierania danych,
- analizy danych.

LabView opracowane zostało dla komputerów klasy PC oraz komputerów przemysłowych zapewniając możliwość wykorzystania w pomiarach szybkich przetworników AC i DC.

Kompletowanie środowiska systemowego dla określonych celów badawczych jest ułatwione przez program konfiguracyjny. Użytkownik wykorzystując menu zestawia niezbędne moduły programowe odpowiadające posiadanej konfiguracji sprzętowej.

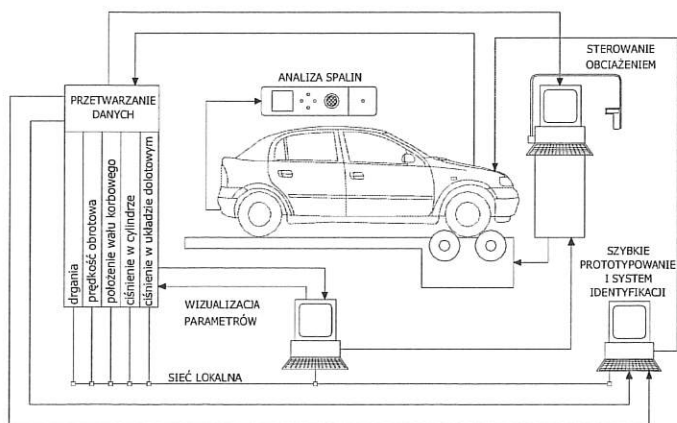
Możliwe jest dobranie odpowiedniego sterownika monitora i parametrów wyświetlenia informacji. W celu precyzyjnego wyznaczenia skali czasu podczas pomiarów, wprowadza się parametry używanego procesora i jego typ. Obsługę urządzeń peryferyjnych, drukarki, urządzeń pomiarowych zapewniają moduły standardowych kanałów komunikacji.

Dopełnieniem konfiguracji sprzętowej jest szybki wybór sterowników kart pomiarowych. Można skonfigurować podstawowe parametry pracy kart zabudowanych w komputerze. Tym samym zestawiona konfiguracja sprzętowa stanowi jądro dedykowanego środowiska obsługi eksperymentów pomiarowych.

Dane zbierane są za pomocą kart pomiarowych. Można zadawać okresy dokonywania pomiarów, skalować wyniki i sterować przebiegiem eksperymentu.

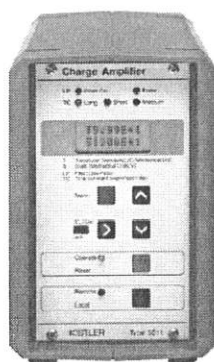
Analizę wyników pomiarów przeprowadzono w programach DIADem i Excel wykorzystując również Visual Basic. W Excelu opracowano kilka aplikacji za pomocą których możliwe było wykonanie operacji matematycznych pozwalających na obliczenie charakterystycznych parametrów pracy silnika.

3. BADANIE WSTĘPNE WYKORZYSTANIA SYSTEMU LABVIEW DO REJESTRACJI CIŚNIENIA W KOMORZE SPALANIA ORAZ DRGAŃ SILNIKA



Rys. 1. Schemat stanowiska pomiarowego
Fig. 1. Chart of the measurement bench

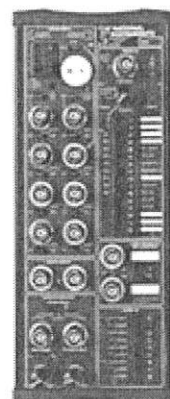
Badania przeprowadzono na stanowisku hamownianym. Schemat stanowiska przedstawiono na rysunku 1.



Rys. 2. Wzmacniacz ładunku
Fig. 2. Charge amplifier



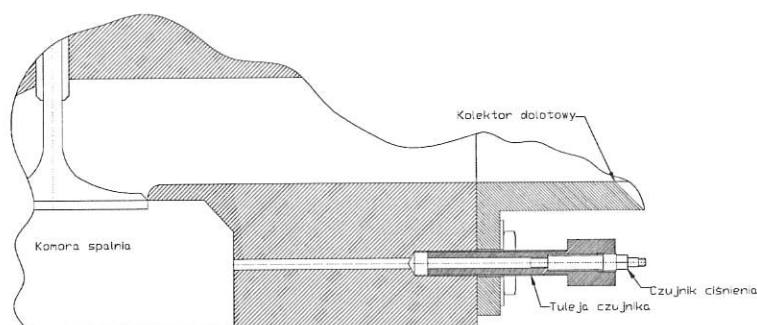
Rys. 3. Czujnik piezoelektryczny
do pomiaru ciśnienia
Fig. 3. Piezoelectric pressure
sensor



Rys. 4. Box wejściowy karty
akwizycji danych
Fig. 4. DAQ box

Zmiany ciśnienia w cylindrze były rejestrowane za pomocą piezoelektrycznego czujnika ciśnienia typu 6121 firmy KISTLER (rys.2) zabudowanego w głowicy silnika badawczego (rys. 4).

Sygnał z czujnika piezoelektrycznego wzmacniany, jak i wstępnie przetwarzany przy użyciu wzmacniacza ładunku 5011 KISTLER (rys. 2) kierowano do karty pomiarowej współpracującej z magistralą główną płyty komputera [3]. Każdorazowo przed pomiarem dokonywano kalibracji układu pomiarowego.



Rys. 5. Schemat montażu czujnika ciśnienia indykowanego
Fig. 5. Assembly of the pressure sensor

Pomiar ciśnienia wewnątrz cylindra silnika realizowano w funkcji kąta obrotu wału korbowego. Znaczenie położenia wału korbowego oraz pomiar prędkości obrotowej silnika odbywały się za pomocą znacznika położenia wału korbowego typu 2613B firmy KISTLER. (rys. 6).



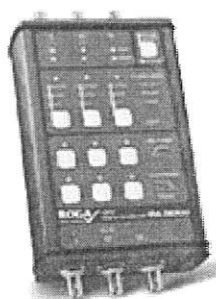
Rys. 6. Elementy znacznika położenia wału korbowego

Fig. 6. Crank Angle Encoder



Rys. 7. Znacznik położenia wału korbowego zamontowany na badanym pojeździe

Fig. 7. Assembly of the Crank Angle Encoder at the car



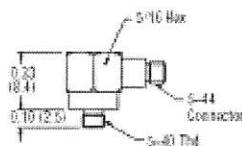
Rys. 8. Kondycjoner PA 3000 firmy Roga Instruments

Fig. 8. Channel signal conditioner by Roga Instruments



Rys. 9. Piezoelektryczny przetwornik drgań typ 320B15

Fig. 9. Piezoelectric accelerate sensor



Znacznik położenia wału korbowego wyznaczał położenie wału korbowego z dokładnością do $0,5^\circ$. Zaletą tego typu czujnika są jego małe gabaryty zewnętrzne umożliwiające zabudowę w komorze silnika pojazdu. Pozostałe elementy układu pomiarowego, tj. wzmacniacz sygnału oraz moduł wyjściowy, są umieszczone poza pojazdem w panelu kontrolnym stanowiska.

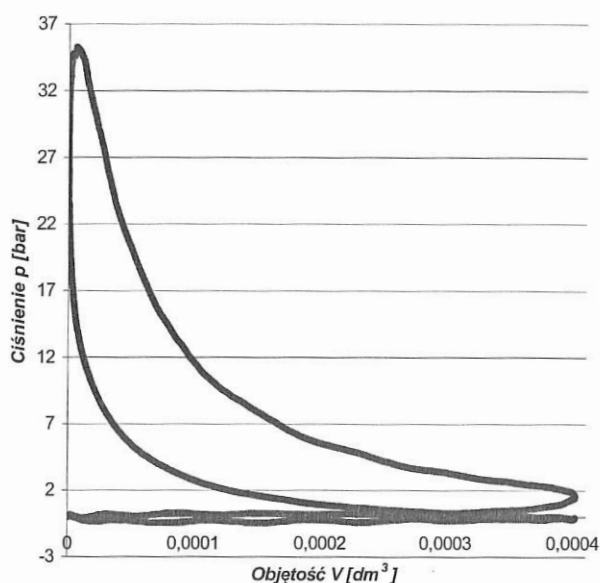
Drgania kadłuba silnika mierzono przetwornikami przyspieszeń typu ICP firmy PCB, które na stanowisku [4] wraz z kondycjonerem PA 3000 firmy Roga Instruments tworzył układ pomiarowy przyspieszeń drgań ścianki kadłuba silnika (rys. 8 i 9). W trakcie

przewodzonych pomiarów wykorzystano trzy przetworniki, jeden osadzono w okolicach pierwszego cylindra, natomiast dwa pozostałe umiejscowiono w pobliżu czwartego cylindra, w którym następował pomiar ciśnienia indykowanego. Przetworniki osadzone w pobliżu czwartego cylindra mierzyły drgania w dwóch płaszczyznach: w płaszczyźnie prostopadłej do osi cylindra i w płaszczyźnie równoległej do osi cylindra.

Przetwornik pierwszego cylindra dokonywał pomiaru przyspieszeń drgań tylko w płaszczyźnie równoległej do osi cylindra.

Parametrem mierzonym dodatkowo był sygnał przetwornika ciśnienia absolutnego w kolektorze dolotowym. Przetwornik ten jest integralną częścią układu zarządzania wielkością

wtrysku dawki paliwa badanego pojazdu. Wielkość tę wykorzystywano m.in. do wyznaczenia linii odniesienia dla otrzymanych wykresów ciśnienia indykowanego (rys. 10).



Rys. 10. Zamknięty wykres indykatorowy dla prędkości obrotowej 5000 min⁻¹

Fig. 10. Close indicator chart at the 5000 rpm

4. SYMULACJA LUZU ZŁOŻENIA TŁOK-CYLINDER

Przyjęty program badań obejmuje swym założeniem również badania symulacyjne określające wpływ luzu tłok-cylinder na poziom drgań korpusu silnika. W badaniach symulacyjnych zostanie wykorzystany jednocylindrowy, czterosurowy silnik wysokoprężny. Podstawowe dane techniczne tego silnika zawarto w tablicy 1.

Tablica 1

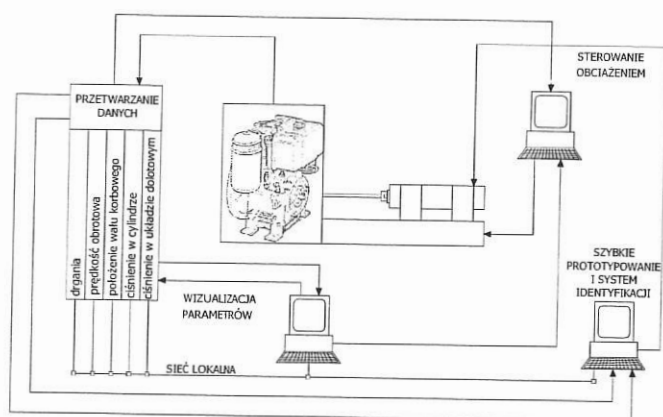
Dane techniczne silnika Ruggerini RF 90

Pojemność	[cm ³]	477
Moc (wg DIN 70020)	[kW]	7,4
Prędkość obrotowa	[min ⁻¹]	3000
Moment max/obroty	[Nm/min ⁻¹]	25/2500
Stopień sprężania	-	19:1

Silnik ten wyposażono w aparaturę pomiarową zapewniającą pomiary następujących wielkości: przyspieszeń drgań, ciśnień oraz prędkości obrotowej wału korbowego.

Przyjęto również, że badania będą obejmowały trzy różne stany zużycia układu tłokowo korbowego symulowane przez tłoki w różnych średnicach nominalnych, tj: 90; 90,25; 90,5 mm.

W czasie badań przeprowadzonych na stanowisku pokazanym na rys. 11 mierzony będzie również poziom drgań kadłuba silnika.



Rys. 11. Schemat stanowiska pomiarowego z jednocyldrowym silnikiem ZS
Fig. 11. Chart of the measurement bench with 1-cylinder engine

5. WNIOSKI

Przeprowadzone badania wstępne pozwoliły na stwierdzenie, że wybrane środowisko programowe LabView jest uniwersalnym narzędziem badawczym i może ono znaleźć zastosowanie do badania silników spalinowych. Opracowane aplikacje programowe umożliwiają rejestrację charakterystyk indykatorowych silnika w postaci graficznej lub numerycznej.

Wykazano również, że zabudowanie aparatury na pojeździe oraz wykorzystanie hamowni podwozowej do obciążania układu napędowego jest skuteczną metodą pomiaru eliminującą konieczność demontażu silnika z pojazdu obniżając znacząco koszty badań, stwarzając również możliwość prowadzenia badań drogowych.

Pomiary mocy na kołach po uwzględnieniu oporów hamowni zapewniały ustalenie mocy efektywnej silnika oraz sprawności mechanicznej układu napędowego i silnika.

Badania symulacyjne jednocyldrowego silnika wysokoprężnego pozwolą na określenie wpływu wielkości luzu pomiędzy tłokiem a tuleją cylindrową na drgania kadłuba silnika i jednocześnie zweryfikują budowany model drgań kadłuba silnika przy użyciu MES.

Literatura

1. Cho S.-H., Ahn S.-T., Kim Y.-H.: A simple model to estimate the impact force induced by piston slap. *Journal of Sound and Vibration* (2002) 255(2), 229-242.
2. Czechyra B., Szymański G., Tomaszewski F.: Odzworowanie procesu spalania w sygnale drganiowym tłokowego silnika spalinowego o zapłonie samoczynnym. *Diagnostyka*. vol. 30, t. 1, 2004. s. 123÷126.
3. KISTLER – Piezo-instrumentation Katalog. Swiss, Wintherthur 1988.
4. PCB Piezotronics Vibration Division – Product Catalog, USA, New York 2003.
5. Strona internetowa National Instruments www.ni.com.

Recenzent: Prof. dr hab. inż. Sławomir Luft

Artykuł stanowi sprawozdanie z badań statutowych BW-425/RT 2/2005