

EMPLOYMENT OF OBD SYSTEM FOR APPOINTMENT OF ENGINES DYNAMIC CHARACTERISTICS

Lech J. Sitnik

*Instytut Konstrukcji i Eksploatacji Maszyn
Wydział Mechaniczny
Politechnika Wroclawska
ul. Ign. Łukasiewicza 7/9
50-371 Wrocław
tel./fax: +48 71 347 79 18
e-mail: lech.sitnik@pwr.wroc.pl*

Abstract

Internal combustion engines, and particularly, to them introduce changes, require a complex estimate, equal in investigations and development process like in later exploitation. Estimate of performed change is standard performed in conditions of brake development systems. Specialised institutes execute range of operational research also. However, changes are introduced by not specialized units only, they are properly equipment, but by units about smallest investigative potential also. Therefore is indispensable of elaboration a relatively simple diagnostic method, however, who will allow to evaluate results of introduced changes and modification. In this article are present a concept of utilization in this purpose of OBD system. As match exert be take advantage for this kind of diagnostics is very simple.

Method of measurement is simple in application It gives repeatable results in due measure. As seen, that presented method. as diagnostic method, has a big development potential, especially in diagnostic gotten data analysis.

ZASTOSOWANIE SYSTEMU OBD DO WYZNACZANIA DYNAMICZNYCH CHARAKTERYSTYK SILNIKA

Streszczenie

Współczesne silniki spalinowe poddawane są licznym modyfikacjom zarówno w trakcie badań rozwojowych jak i w procesie eksploatacji np. poprzez wprowadzanie najróżniejszych modyfikacji tuningowych. Ocena dokonywanych zmian jest stosunkowo prosta w warunkach hamownianych. Jednak dostęp do hamowni zarówno silnikowych jak i podwoziowych jest znacznie utrudniony. W odpowiednie urządzenia, poza ośrodkami badawczymi wyposażonych jest np. niewiele stacji diagnostycznych. Konieczne jest zatem opracowanie stosunkowo prostej metody, która zezwalałaby na wykonywanie prostych testów bez angażowania zaawansowanych technik badawczych. Metoda ta prosta w stosowaniu powinna dawać w miarę powtarzalne wyniki. Szansą na opracowanie takiej metody daje wykorzystanie systemu OBD do wyznaczania dynamicznych charakterystyk silnika. Problematyce tej poświęcony jest niniejszy artykuł. Przedstawiono w nim wyniki prac nad wykorzystaniem OBD do diagnozowania dynamicznych parametrów silnika przy ocenie skuteczności elektronicznego tuningu silnika o zapłonie samoczynnym.

1. Wstęp

Współczesne silniki spalinowe poddawane są licznym modyfikacjom zarówno w trakcie badań rozwojowych jak i w procesie eksploatacji np. poprzez wprowadzanie najróżniejszych modyfikacji tuningowych. Zwłaszcza ta ostatnia dziedzina modyfikacji rozwija się bardzo dynamicznie. Powodów tego stanu rzeczy jest co najmniej kilka, a podstawowy to fakt, że rozwój współczesnych silników dokonał się głównie na drodze wprowadzenia elektroniki do sterowania procesami zachodzącymi w silniku. Ingerencja w elektroniczne układy

sterowania jest stosunkowo łatwa. Można zarówno przekształcać sygnały otrzymywane przez jednostkę sterującą jak też wysyłane z niej do członów wykonawczych. Oczywiście podstawową metodą jest ingerencja w samą jednostkę sterującą. Firmy opracowujące układy sterujące stosują co prawda najróżniejsze zabezpieczenia przed taką ingerencją jednak doświadczenia z komputerami osobistymi świadczą dobitnie o tym, że zabezpieczenia te są z reguły łamane i to po dość krótkim okresie od ich wprowadzenia. Wprowadzenie systemu diagnostyki pokładowej (OBD) ingerencję tę znacznie ułatwia gdyż umożliwia przedostanie się tą drogą do jednostki sterującej.

Zmiany tuningowe dokonywane są z reguły po to by zmodyfikować charakterystykę momentu obrotowego silnika. Wytwórcy silników ograniczają najczęściej osiągi silników ze względu na konieczność spełnienia wymagań prawnych związanych z ograniczeniami mocy (tak by osiągi silnika plasowały się w odpowiedniej klasie podatkowej i/lub by emisje silnika zawarte były w granicach dopuszczonych normami) lub też by zapewnić odpowiednią trwałość i niezawodność silnika. Kupujący pojazdy chcieliby z kolei nabyć pojazd z silnikiem o jak najlepszych parametrach za jak najniższą cenę. Ta rozbieżność między wymogami prawa, a oczekiwaniami klientów daje pole do popisu najróżniejszym firmom tuningowym. Obiektywnie trzeba stwierdzić, że działalność takich firm ma zarówno cechy negatywne jak również pozytywne. Niewątpliwym negatywem jest fakt, że modyfikacje układów sterowania prowadzą z reguły do przekraczania granic wyznaczonych w jednostkowych normach emisji toksycznych składników spalin. Jednak taka modyfikacja nie wygląda już tak źle jeśli na skutek jej wprowadzenia maleje eksploatacyjne, skumulowane zużycie paliwa [1] gdyż wówczas istnieje również prawdopodobieństwo obniżenia sumarycznej emisji toksycznych składników spalin. Pozytywną stroną działania firm tuningowych, zwłaszcza tych, które prowadzą własne prace rozwojowe, jest ich wkład w ogólny rozwój silników.

Ocena dokonywanych zmian tuningowych jest stosunkowo prosta w warunkach hamownianych. Jednak dostęp do hamowni zarówno silnikowych jak i podwoziowych jest znacznie utrudniony. W odpowiednie urządzenia, poza ośrodkami badawczymi wyposażonych jest np. niewiele stacji diagnostycznych czy stacji obsługi, a to te ostatnie wdrażają (najczęściej cudze) rozwiązania do praktyki eksploatacyjnej – nie mając możliwości oceny skuteczności działania wprowadzonych modyfikacji. Konieczne jest zatem opracowanie stosunkowo mało skomplikowanej metody diagnostycznej, która zezwalałaby na wykonywanie prostych testów bez angażowania zaawansowanych technik badawczych. Metoda ta, jakkolwiek prosta w stosowaniu, powinna dawać w miarę powtarzalne wyniki. Szansą na opracowanie takiej metody daje wykorzystanie systemu OBD do wyznaczania dynamicznych charakterystyk silnika. Problematyce tej poświęcony jest niniejszy artykuł. Przedstawiono w nim wyniki prac nad wykorzystaniem OBD do diagnozowania dynamicznych parametrów silnika przy ocenie skuteczności elektronicznego tuningu silnika o zapłonie samoczynnym.

2. Założenia metody diagnostycznej

Założono, że odwzorowaniem nieustalonych warunków pracy silnika jest jego rozpędzanie (wzrost prędkości kątowej) podczas pracy bez obciążenia zewnętrznego. Wzrost ten wywołany jest przez gwałtowną (skokową) zmianę (wzrost) dawki paliwowej. Nieco innym eksperymentem jest realizacja wybiegu (spadek prędkości) uzyskiwanego poprzez skokowe zmniejszanie opisanego wymuszenia. Źródłem informacji diagnostycznych dla takich eksperymentów jest sygnał prędkości kątowej wału korbowego $\omega(t)$ lub też prędkości obrotowej $n(t)$.

Uogólnione równanie ruchu obrotowego wału korbowego silnika, dla składowych

wolnozmiennych, tj. nie ujmujące zjawisk w obrębie jednego obrotu, wynikających np. z modulacji prędkości, może być wyrażone następująco:

$$J \cdot \frac{d^2 \alpha}{dt^2} + \frac{dJ}{dt} \omega^2 = M_i - M_m - M_o, \quad (1)$$

gdzie:

M_i – moment obrotowy,
 M_m – moment obrotowy strat mechanicznych,
 M_o – moment obrotowy użyteczny,
 J - zredukowany moment bezwładności,
 ω - prędkość kątowna wału korbowego,
 α - kąt obrotu wału korbowego.

W wypadku biegu luzem moment $M_o=0$.

Efekt uśredniania prędkości kątownej ω prowadzi do eliminacji zmian momentu bezwładności silnika tj. $dJ/dt=0$. W konsekwencji powyższa zależność wyrażona może być jako:

$$J \cdot \frac{d^2 \alpha}{dt^2} = M_d - M_{sw} = M_o, \quad (2)$$

gdzie:

M_d – moment wytworzony na skutek spalania dawki paliwa, (opisany w dodatniej części wykresu indykatorowego),
 $M_{sw}=M_{WT}+M_m$ – moment sumarycznych strat wewnętrznych silnika,
 M_{WT} – moment silnika tracony na wymianę ładunku.

Początkowa prędkość kątowna wału, dla której wprowadzane jest wymuszenie skokowe, jest nieznacznie większa od prędkości biegu luzem. Jest to tzw. prędkość aktywizacji.

Poprzednią zależność można także wyrazić następująco:

$$J \cdot \frac{d\omega}{dt} = M_o, \quad (3)$$

$$J \cdot \varepsilon = M_o. \quad (4)$$

Ponieważ $\varepsilon=M_o/J$ to metoda bezwładnościowa może służyć do wyznaczania charakterystyki użytecznego momentu obrotowego silnika.

$$J \cdot \frac{d\omega}{dt} = -M_{sw}, \quad (5)$$

$$\varepsilon = \frac{1}{J} \cdot M_{sw}, \quad (6)$$

$$(-\varepsilon) \approx M_{sw}. \quad (7)$$

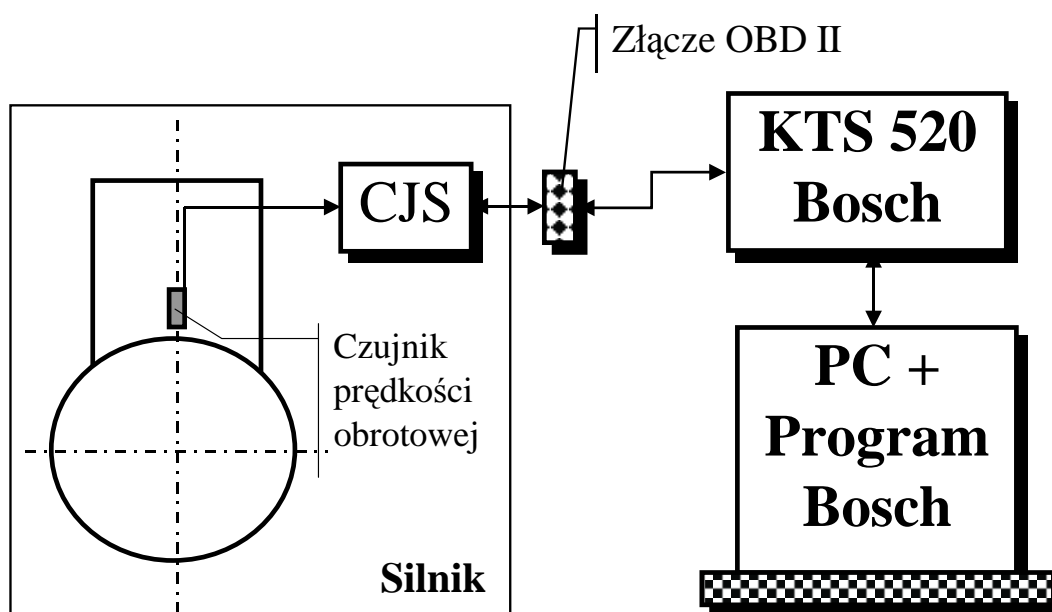
Zależność (5) umożliwia wyznaczenie charakterystyki momentu strat wewnętrznych silnika. U podstaw prezentowanej metody leży znajomość charakterystyki $n(t)$.

3. Przykład zastosowania metody diagnostycznej do oceny zmian tuningowych silnika o zapłonie samoczynnym

Wyznaczania charakterystyk $n(t)$ dokonano przy wykorzystaniu systemu OBD II [2].

W badaniach zastosowano układ pomiarowy przedstawiony schematycznie na rys. 1.

Do pomiarów użyto testera KTS 520 firmy Bosch. Tester ten wraz z odpowiednio oprogramowanym komputerem pozwala odczytać wartości sygnału pomiaru prędkości obrotowej silnika przesyłane do centralnej jednostki sterującej (CJS). Dalsza obróbka tego sygnału pozwala na uzyskiwanie danych dotyczących prędkości obrotowej wału silnika w funkcji czasu, czyli charakterystyki $n(t)$. Charakterystyki te przedstawiane mogą być w formie graficznej.



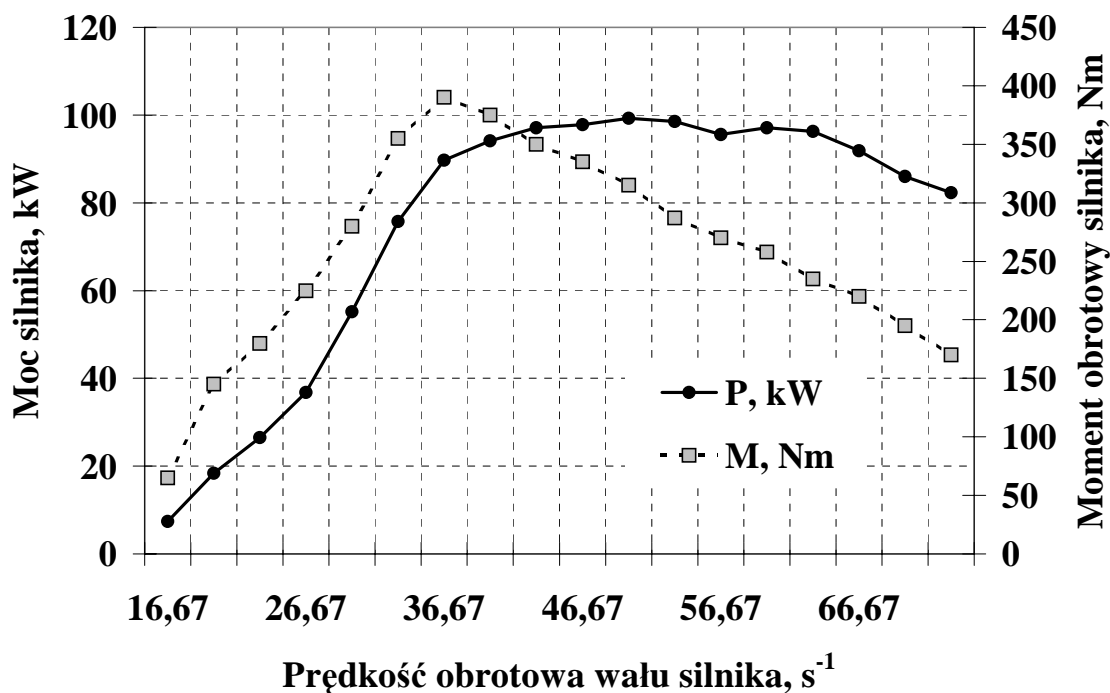
Rys. 1. Układ pomiarowy prędkości obrotowej wału korbowego silnika
Fig. 1. Match for measuring of engine crank axis rotary speed

Badaniom poddano samochód marki Volkswagen o następujących danych

Marka	Volkswagen
Model	Golf IV
Rok produkcji	2000
Silnik	1,9 TDI (o zapłonie samoczynnym)
Pojemność skokowa silnika	1896 cm³
Stopień sprężania silnika	18
Maksymalna moc silnika	85 kW (przy 66,66 s⁻¹)
Maksymalny moment obrotowy silnika	298 Nm (przy 30 s⁻¹)

W badanym pojeździe zmodyfikowano układ sterowania silnika, w którym zainstalowano moduł tdi-box (Chiptronic Diesel Tuning).

Po zainstalowaniu tegoż modułu przeprowadzono pomiar osiągnięć silnika hamując pojazd na hamowni podwoziowej. Uzyskano nieoczekiwanie dobre wyniki, które przedstawiono tu na rys. 2.



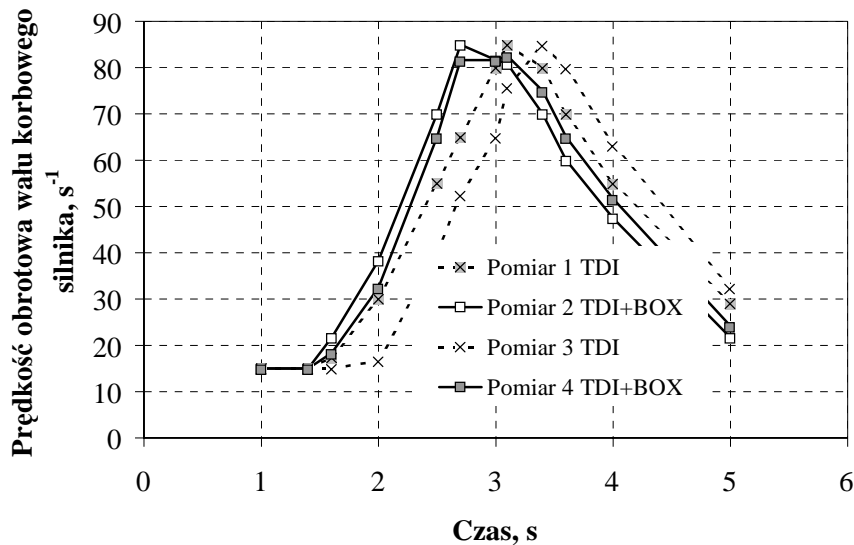
Rys. 2. Osiągi silnika po tuningu elektronicznym
 Fig. 2. Performance of engines after electronic tuning

Uzyskany wzrost maksymalnej mocy silnika o ok. 15% (przy prędkości obrotowej wału korbowego silnika ok. $50 s^{-1}$), oraz wzrost momentu obrotowego o ok. 33% (przy prędkości obrotowej wału korbowego silnika ok. $37,65 s^{-1}$), jest wielce zastanawiający. Dalsze wyniki badań wskazują jednak, że nie jest to wynik przypadkowy i jeśli nawet wartości bezwzględne obciążone są stosunkowo dużym błędem pomiaru to i tak zastosowanie tuningu elektronicznego dało realny wzrost mocy i momentu obrotowego silnika badanego samochodu.

Dalsze badania prowadzono bez użycia hamowni przy jałowym biegu silnika. Dokonywano skokowego zwiększania dawki paliwa. Silnik rozbiegał się i po uzyskaniu maksymalnej prędkości obrotowej, wybiegał do prędkości początkowej, przy której zadawano wymuszenie. Z czujników układu sterowania odczytano (stosując tester KTS 520) następujące dane:

Temperatura cieczy chłodzącej silnika	95,4 °C
Temperatura powietrza zasilającego	41,4 °C
Temperatura paliwa zasilającego	81,0 °C
Temperatura otoczenia	18,5 °C
Ciśnienie atmosferyczne	995 hPa

Natomiast rys. 3. przedstawia przebiegi prędkości obrotowej wału korbowego silnika przy skokowym zwiększaniu (i zmniejszaniu) dawki paliwa.



Rys. 3. Dynamiczne przebiegi prędkości obrotowej wału korbowego silnika
 Fig. 3. Dynamic course of engine crank axis rotary speed

Podano przykłady przebiegów skrajnych w każdej grupie (z oczywistych względów nie podano tu pełnej analizy statystycznej uzyskanych rezultatów). Jak widać obie grupy przebiegów różnią się istotnie. Rozrzuty między przebiegami są większe gdy silnik nie ma zmodyfikowanego układu sterowania zasilaniem. Uzyskane rezultaty konwenują z uzyskanymi w trakcie badań przy wykorzystaniu hamowni podwoziowej. Najbardziej istotne może być stwierdzenie, że przy pomocy prostej i łatwej w stosowaniu, dynamicznej metody możliwa jest ocena zarówno zmian wprowadzanych do silnika, jak i, przy dokładniejszym rozpoznaniu metody, również ocena aktualnego stanu silnika, np. stopnia jego degradacji.

4. Zakończenie

Silniki spalinowe, a w szczególności wprowadzane w nich zmiany, wymagają kompleksowej oceny zarówno w procesie badawczo rozwojowym jak i w późniejszej eksploatacji. Ocena dokonywanych zmian jest dokonywana standardowo w warunkach hamownianych. Specjalistyczne instytuty wykonują także szereg badań eksploatacyjnych. Zmiany wprowadzane są jednak nie tylko przez jednostki wyspecjalizowane, odpowiednio wyposażone, ale również przez jednostki o mniejszym potencjale badawczym. Konieczne jest zatem opracowanie stosunkowo prostej metody diagnostycznej, pozwalającej jednak jednoznacznie oceniać skutki wprowadzonych zmian i modyfikacji. W artykule przedstawiono koncepcję wykorzystania w tym celu systemu OBD. Jak wykazano układ aparaturowy wykorzystywany do tego rodzaju diagnostyki jest bardzo prosty.

Sama metoda pomiaru jest prosta w stosowaniu i daje w miarę powtarzalne wyniki.

Wydaje się, że prezentowana metoda, jako metoda diagnostyczna ma duży potencjał rozwojowy, zwłaszcza w diagnostycznej analizie uzyskiwanych danych.

Literatura

- [1] Sitnik L. J., Skumulowane zużycie paliwa. Archiwum Motoryzacji No 3/2004 Wydawnictwo Naukowe PTNM, ISSN 1234-754X.
- [2] Wilkowski A., Badania porównawcze w warunkach eksploatacyjnych silników spalinowych ze zmodyfikowanymi układami zasilania. Praca dyplomowa. Politechnika Wroclawska, Wydział Mechaniczny, 2005.