

Jan FILIPCZYK

BADANIA WPLYWU STANU TECHNICZNEGO SILNIKA NA POZIOM EMISJI ZANIECZYSZCZEŃ

Streszczenie. W pracy przedstawiono wyniki badań wpływu stanu technicznego silnika na poziom emisji zanieczyszczeń dla pojazdów o różnych rozwiązaniach konstrukcyjnych i różnym przebiegu. W artykule przedstawiono typowe uszkodzenia występujących we współczesnych pojazdach samochodowych oraz analizę możliwości ich diagnozowania.

THE INVESTIGATION OF INFLUENCE OF THE ENGINE TECHNICAL CONDITION ON TRAFFIC EMISSION

Summary. This paper presents the results of the measurements the influence of the engine technical condition on traffic emission from different vehicles and analysis of typical faults occurring in contemporary automotive vehicle and possibility of damage detection.

1. WPROWADZENIE

Prezentowane w artykule wyniki są rezultatem prac związanych z kontynuowaniem tematu badawczego „Wpływ rozwiązań konstrukcyjnych i stanu technicznego silników samochodowych na poziom emisji zanieczyszczeń”, realizowanego w 2006 roku i kontynuowanego w 2007 roku. Na podstawie wyników przeprowadzonych badań [1,2] sformułowano wnioski dotyczące konieczności zastosowania współczynników korekcyjnych uwzględniających pogarszanie się stanu technicznego pojazdów w czasie eksploatacji przy szacowaniu emisji spalin przez pojazdy w ruchu drogowym.

Niektóre uszkodzenia związane z emisją spalin nie generują zauważalnych dla kierowcy symptomów lub występują one dopiero w sytuacjach krytycznych. Z tego względu wydaje się celowe prowadzenie badań związanych z określeniem struktury i częstotliwości występowania usterek podzespołów pojazdów samochodowych.

Do grupy elementów emisyjnych zalicza się wszystkie układy kontroli i redukcji emisji oraz prawie wszystkie elektroniczne i elektromechaniczne elementy układu zasilania paliwem i powietrzem. Zakłada się, że w przyszłości system ten obejmie podstawowe układy nadwozia i podwozia, co stanowić będzie nową jakość w procesie diagnozowania [3, 5]. Obecnie stosowane metody oceny stanu technicznego pojazdów ukierunkowane są przede wszystkim na bezpieczeństwo użytkownika w ruchu drogowym, natomiast metody umożliwiające wykrywanie wczesnych faz rozwoju uszkodzeń są intensywnie rozwijane [4,6,7,8,9]. Jest to

możliwe ze względu na stosowanie nowoczesnych technik akwizycji i przetwarzania sygnałów diagnostycznych.

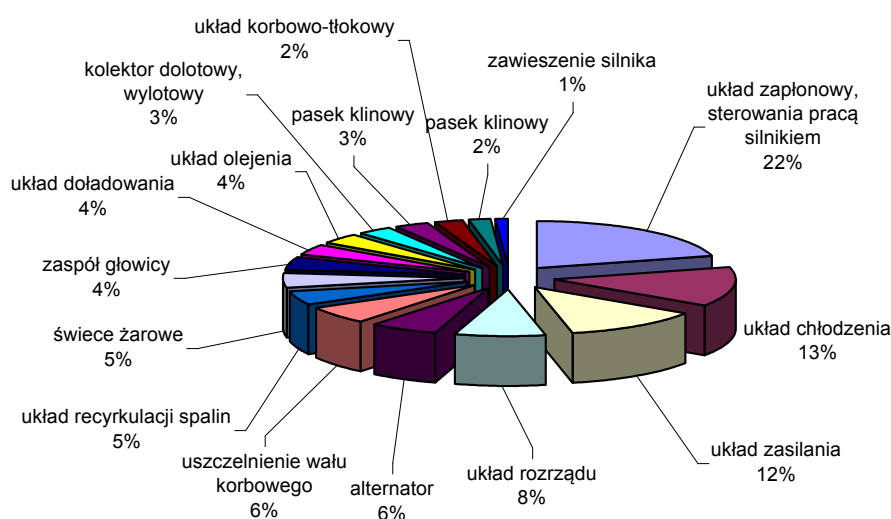
2. PROGRAM BADAŃ

W celu określenia typowych uszkodzeń występujących w samochodach osobowych przeanalizowano występowanie przypadków niesprawności dla 800 pojazdów. Analiza niesprawności obejmowała badanie możliwości zdiagnozowania niesprawności stosowanymi metodami diagnozowania, sklasyfikowania rodzaju niesprawności ze względu na zespół, w którym występowała i sposób usunięcia niedomagania. W badaniach uwzględniono wszystkie modele samochodów jednej marki wyposażonych zarówno w silniki ZI, jak i ZS. Do analizy uszkodzeń nie brano pod uwagę konieczności wymiany materiałów eksploatacyjnych lub części związanych z występowaniem typowych procesów starzenia związanych z normalną eksploatacją pojazdu.

W zakresie możliwości wykorzystania uniwersalnych testerów diagnostycznych układów OBD do diagnozowania stanu technicznego silnika przeprowadzono badania 190 modeli samochodów osobowych 28 marek najczęściej eksploatowanych w kraju, wyprodukowanych w latach 1999 – 2008.

3. WYNIKI BADAŃ

Najwięcej stwierdzonych przypadków niesprawności wystąpiło w zespole silnika wraz z osprzętem. Procentowy udział uszkodzeń poszczególnych elementów i układów w grupie uszkodzeń silnika przedstawiono na rysunku 1.



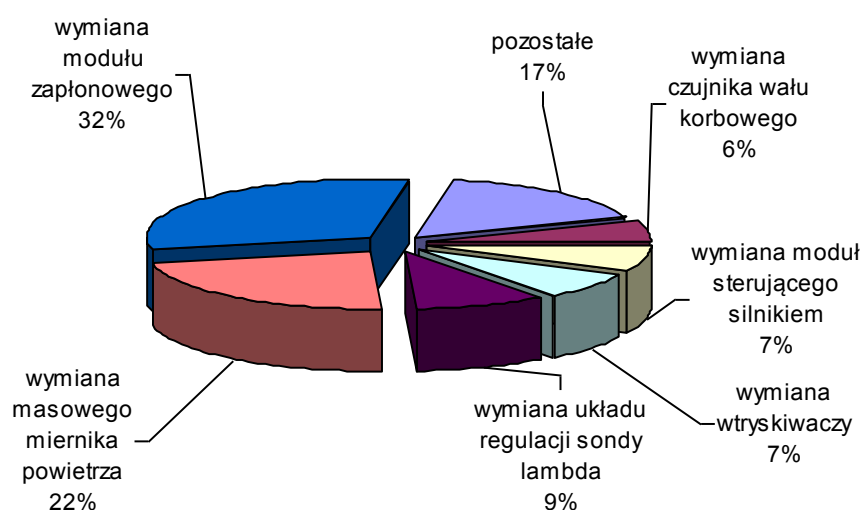
Rys. 1. Zbadane uszkodzenia silnika

Fig. 1. Investigated engine faults

Biorąc pod uwagę możliwości diagnozowania niesprawności i stosowaną technologię napraw, niedomagania silnika można podzielić na uszkodzenia mechaniczne oraz niedomagania elektryczne układu sterowania i zapłonowego.

Najczęściej usunięcie niesprawności instalacji elektrycznej silnika wymagało wymiany modułu układu zapłonowego lub przepływomierza w układzie dolotowym. Do grupy czynności określonych jako „pozostałe” zaliczono wymiany czujników temperatury cieczy chłodzącej i powietrza dolotowego, czujników ciśnienia paliwa, zaworów w układzie recyrkulacji spalin i przekładników (rys. 2).

Badania przeprowadzone z wykorzystaniem uniwersalnych testerów diagnostycznych obejmowały określenie zdolności do komunikacji urządzenia poprzez złącze diagnostyczne z pokładowym systemem diagnostycznym, zgodności protokołu komunikacji z normą OBD oraz możliwość monitorowania testów emisyjnych. Podczas badań dla każdego z pojazdów określono protokół komunikacji oraz dane dotyczące testów emisyjnych (monitorów).



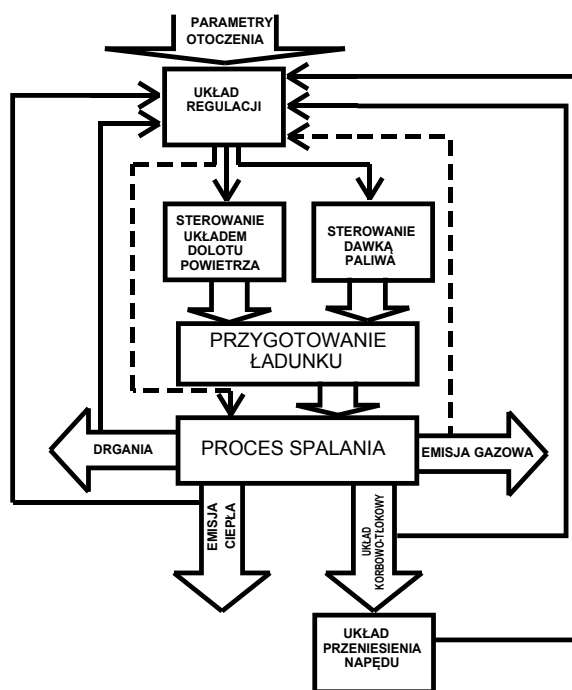
Rys. 2. Metody naprawy układów elektrycznych silnika

Fig. 2. The methods of repair of electric systems of the engine

Mimo standaryzacji systemów diagnostyki pokładowej istniały problemy z wykorzystaniem czytników w diagnostyce stanu technicznego silnika. W badanych pojazdach systemy diagnostyczne funkcjonowały wg norm OBD I, EOBD i OBD II California, z wykorzystaniem standardów CAN, ISO 14230 i ISO 9141. Dla silników o zapłonie samoczynnym w 12 przypadkach, na 40 sprawdzonych modeli, nie udało się wykorzystać czytników. Powodem braku możliwości zastosowania czytników był brak komunikacji między czytnikiem a systemem, brak możliwości włączenia prawidłowo podłączonego czytnika, niewykrywanie testów emisyjnych (monitorów), przerwy w komunikacji. W przypadku silników o zapłonie iskrowym tylko w 7 przypadkach próby zastosowania czytników kończyły się niepowodzeniem. Brak możliwości współpracy czytników z systemami diagnostycznymi niektórych pojazdów zależał od modelu użytego czytnika.

4. ANALIZA WYNIKÓW

Stosowane powszechnie w nowoczesnych rozwiązaniach konstrukcyjnych silników ZI i ZS układy sterowania oraz rozwój metod pomiarowych pozwalają na opracowanie nowych metod kontroli stanu pracy silnika. Zagadnienia kontroli pracy silnika w czasie rzeczywistym są przedmiotem wielu prac w zakresie sterowania i monitorowania zmian parametrów regulacyjnych stanu pracy silnika w zależności od wymuszeń zewnętrznym. Na proces napełnienia cylindra oraz jakość ładunku w chwili zapłonu wpływ ma sterowanie przepływem powietrza przez układ dolotowy, obciążenie silnika, parametry powietrza zasysanego oraz układ regulacji (sprężenia zwrotnego), którego działanie uzależnione jest od chwilowych parametrów pracy silnika, takich jak: temperatura cieczy chłodzącej, temperatura oleju, temperatura i natężenie przepływu masy spalin, drgania bloku cylindrów spowodowane spalaniem stukowym (rys. 3).



Rys. 3. Schemat sterowania silnikiem spalinowym
Fig. 3. The schema of the control system of the engine

Emisja spalin jako proces resztkowy procesu spalania jest istotnym źródłem informacji o przebiegu spalania. Przebieg procesu spalania uzależniony jest w głównej mierze od składu ładunku w cylindrze i momentu inicjacji spalania. Zarówno skład ładunku (stosunek masy paliwa do masy powietrza) jak i moment zapłonu (w silnikach ZI) jest regulowany z uwzględnieniem sygnałów sprężenia zwrotnego, charakteryzujących stan pracy silnika w poprzednich cyklach roboczych. Można zatem założyć, że poszczególnym grupom wartości parametrów regulacyjnych układu sprężenia zwrotnego można przyporządkować grupy poziomu emisji poszczególnych składników spalin.

5. PODSUMOWANIE

Stosowane obecnie metody badania emisji gazowej przez samochody w trakcie obsługi technicznych i badania pojazdów nie mogą być traktowane jako miarodajne kryterium stanu technicznego silnika, zwłaszcza silników o zapłonie samoczynnym i silników o zapłonie iskrowym z elektronicznymi układami sterowania, reaktorami katalitycznymi oraz silników zasilanych paliwami alternatywnymi.

Stosowana w praktyce eksploatacyjnej, podczas okresowych badań kontrolnych, jak i w czasie okresowych obsługi technicznych, metodyka badań w zakresie emisji spalin silników nieobciążonych uniemożliwia prawidłowe wnioskowanie o ich stanie technicznym. Monitorowanie stanu układu sterowania silnika przez pokładowy system diagnostyczny nie zapewnia wykrywania uszkodzeń emisyjnych w ich wczesnej fazie rozwoju. Z tego powodu samochód może być eksploatowany przy zwiększonej emisyjności i w stanach powodujących pogorszenie własności trakcyjnych lub przyspieszających zużycie elementów silnika.

Z przeprowadzonych badań wynika, że istnieje potrzeba opracowania nowych metod diagnozowania, umożliwiających wczesne wykrywanie uszkodzeń elementów mających wpływ na zwiększoną emisję toksycznych substancji spalin.

Wczesne wykrywanie uszkodzeń związanych ze zwiększoną emisyjnością przez systemy diagnostyki pokładowej nie zawsze jest możliwe.

Przeprowadzone badania wstępne wykazały, że brak jest skutecznych, dających jednoznaczne wyniki, metod diagnozowania pozwalających na ocenę stanu technicznego silnika i wykrycie uszkodzeń możliwie we wczesnych stadiach rozwoju. Jest to niezwykle istotne ze względu na stosunkowo dużą ilość usterek związanych z niesprawnością układów silnika, a w szczególności systemu sterowania.

Powszechne stosowanie elektronicznych układów sterowania silnikiem może znacznie ułatwić ocenę pracy poszczególnych zespołów samochodu, w tym silnika, na podstawie pomiarów sygnałów elektrycznych przy dostępie do opracowanej uprzednio bazy sygnałów diagnostycznych charakterystycznych dla poszczególnych uszkodzeń. Niewykryte dostatecznie wcześnie nieprawidłowości związane ze sterowaniem silnikiem prowadzą zazwyczaj do zwiększenia emisyjności i poważnych uszkodzeń typu mechanicznego.

Współczesne układy sterowania silnikami tłokowymi posiadają dużą zdolność adaptacji do zmiennych warunków pracy. Jest to zarówno ich zaletą, jak również wadą związaną z maskowaniem nieprawidłowości w pracy silnika we wczesnych stadiach ich rozwoju.

Ocena poziomu zawartości składników toksycznych w spalinach ma znaczenie zarówno ze względu na wymagania w zakresie ochrony środowiska, jak również jest istotnym parametrem wykorzystywanym w procesie diagnozowania stanu technicznego silnika.

Bibliografia

1. Filipczyk J., Kutrzyk A.: Wpływ rozwiązań konstrukcyjnych i stanu technicznego silnika na poziom emisji zanieczyszczeń. Zeszyty Naukowe Politechniki Śląskiej, s. Transport, z. 63. Wydawnictwo Politechniki Śląskiej, Gliwice 2006.
2. Filipczyk J.: Wpływ rozwiązań konstrukcyjnych i stanu technicznego silnika na poziom emisji zanieczyszczeń. Zeszyty Naukowe Politechniki Śląskiej, s. Transport, z. 63. Wydawnictwo Politechniki Śląskiej, Gliwice 2007.

3. Filipczyk J., Madej H.: Problemy diagnozowania samochodowych silników spalinowych w zakresie emisji związków toksycznych. XXXIV Ogólnopolskie Sympozjum Diagnostyka Maszyn, Węgierska Górka 05.03-10.03.2007.
4. Isermann R.: Model-based fault-detection and diagnosis – status and applications. Annual Reviews in Control 29, 2005, s. 71-85.
5. Kiencke U. i inni: The impact of automatic control on recent developments in transportation and vehicle systems. Annual Reviews in Control 30, 2006, s. 81-89.
6. Kimmich F., Schwarte A., Isermann R.: Fault detection for modern Diesel engines using signal- and process model-based methods. Control Engineering Practice 13, 2005, s. 189-203.
7. Merkisz J., Mazurek S.: Pokładowe systemy diagnostyczne pojazdów samochodowych. WKiŁ, Warszawa 2004.
8. Nyberg M.: Automatic design of diagnosis systems with application to an automotive engine. Control Engineering Practice 7, 1999, s. 993-1005
9. Pisu P., Soliman A., Rizzoni G.: Vehicle chassis monitoring system. Control Engineering Practice 11, 2003, s. 345-354.
10. Madej H.: Wykrywanie uszkodzeń mechanicznych wybranych elementów pojazdu wpływających na BRD. TiBT, 2006.

Recenzent: Prof. dr hab. inż. Bronisław Sendyka

Praca wykonana w ramach BK-295/RT1/2008