

METODA POŚREDNIEGO OKREŚLANIA LUZÓW ZAWOROWYCH W SILNIKACH O ZAPŁONIE ISKROWYM

Streszczenie

W artykule przedstawiono diagnostyczną metodę pośredniego określenia luzów zaworowych w silnikach o zapłonie iskrowym za pomocą pomiarów napięcia samoindukcji obwodu pierwotnego cewki zapłonowej lub interpretacji mierzonego bezwzględnego ciśnienia powietrza w kolektorze dolotowym. Ta metoda umożliwia, po spełnieniu warunków koniecznych, określenie czy wymagana jest regulacja luzów zaworowych.

WSTĘP

Obecnie produkowane silniki spalinowe stosowane w samochodach wyposażone są w mechaniczny układ regulacji luzów rozrządu zaworowego. Zadaniem tego układu jest sterowanie w zaworami wlotowymi oraz wylotowymi w odpowiednim położeniu w stosunku do GMP tłoka, a tym samym sterowanie ładunkiem świeżego powietrza dostającego się do cylindrów silnika (sterowanie zaworami wlotowymi) oraz umożliwienie opróżnienia z cylindrów gazów spalinowych (sterowanie zaworami wylotowymi), a także czasoprzekrojów zachodzenia zaworów.

Jednym z kluczowych parametrów układu rozrządu zaworowego silnika są luzy zaworowe, które podlegają regulacji. Regulacja ta może odbywać się samoczynnie lub ręcznie. Samoczynna regulacja luzów zaworowych realizowana jest za pomocą hydraulicznych popychaczy zaworowych, które na skutek ciśnienia oleju silnikowego dociskają dźwignię do zaworu. Natomiast, regulacja ręczna (regulacja serwisowa luzów zaworowych) wykonywana jest za pomocą obrotu śruby regulacyjnej przy pośrednim napędzie zaworów lub poprzez dobranie odpowiedniej grubości podkładek regulacyjnych przy bezpośrednim napędzie zaworów. Konieczność regulacji luzów zaworowych w silniku spalinowym spowodowana jest wpływem rozszerzalności cieplnej oraz niedokładnością obróbki elementów składowych mechanizmów rozrządnych [8]. Ze względu na trudności w przewidywaniu rzeczywistych rozkładów temperatur tychże mechanizmów, obliczenia wielkości luzów nie dają miarodajnych wyników. Dlatego też są one określane doświadczalnie. Nieodpowiednie luzy zaworowe powodują m.in.:

1. Nierównomierną pracę silnika.
2. Obniżenie mocy maksymalnej silnika.
3. Wzrost poziomu hałasu pracy silnika.
4. Wypalanie gniazd zaworowych oraz zaworów.

W samochodach osobowych o zapłonie iskrowym (ZI) najczęściej stosowane są układy rozrządu z samoczynną regulacją luzów zaworowych. Układy te są bezobsługowe. Jednakże w znacznej ilości nadal eksploatowane są pojazdy wyposażone w silnik, w którym dokonuje się teź regulacji. W tabeli nr 1 przedstawiono dla przykładu kilka pojazdów wyposażonych w ręcznie regulowane luzy zaworowe.

Tab. 1. Pojazdy wyposażone w ręczną regulację luzów zaworowych

Lp.	Marka / Model	Parametry silnika
1.	Citroen C3	1.1 (44 kW)
2.	Dacia Logan	1.6 MPI (64 kW)
3.	Fiat Doblo	1.4 i.e. (55 kW)
4.	Fiat Grande Punto	1.4 (57 kW)
5.	Honda Accord	2.0i (115 kW)
6.	Lexus IS 200	2.0i (114 kW)
7.	Mazda 6	2.3 (119 kW)
8.	Peugeot 207	1.4 (54 kW)
9.	Peugeot Partner	1.8 (66 kW)
10.	Renault Clio III	1.2 (48 kW)
11.	Renault Kangoo I	1.2 (44 kW)
12.	Toyota Avensis T22	1.6 16V (74 kW)

Prawidłowa praca silnika spalinowego m.in. zależy od wartości luzów zaworowych rekomendowanej przez producenta. Brak lub nieodpowiednia wielkość luzu zaworowego powoduje wiele problemów podczas diagnozowania silnika. Pod kątem diagnostyki stanu regulacji luzów zaworowych prowadzono badania stanowiskowe dotyczące pomiaru przyspieszeń drgań silnika spalinowego (badania wibroakustyczne) [2...4], w których modelowano powiększony luz zaworowy [2], uszkodzenia hydraulicznych popychaczy oraz nadmierne zużycie elementów głowicy silnika [3]. W celu poszerzenia możliwości diagnostyki wykonywano także pomiary i analizy hałasu, mierząc ciśnienie akustyczne w pobliżu silnika [2].

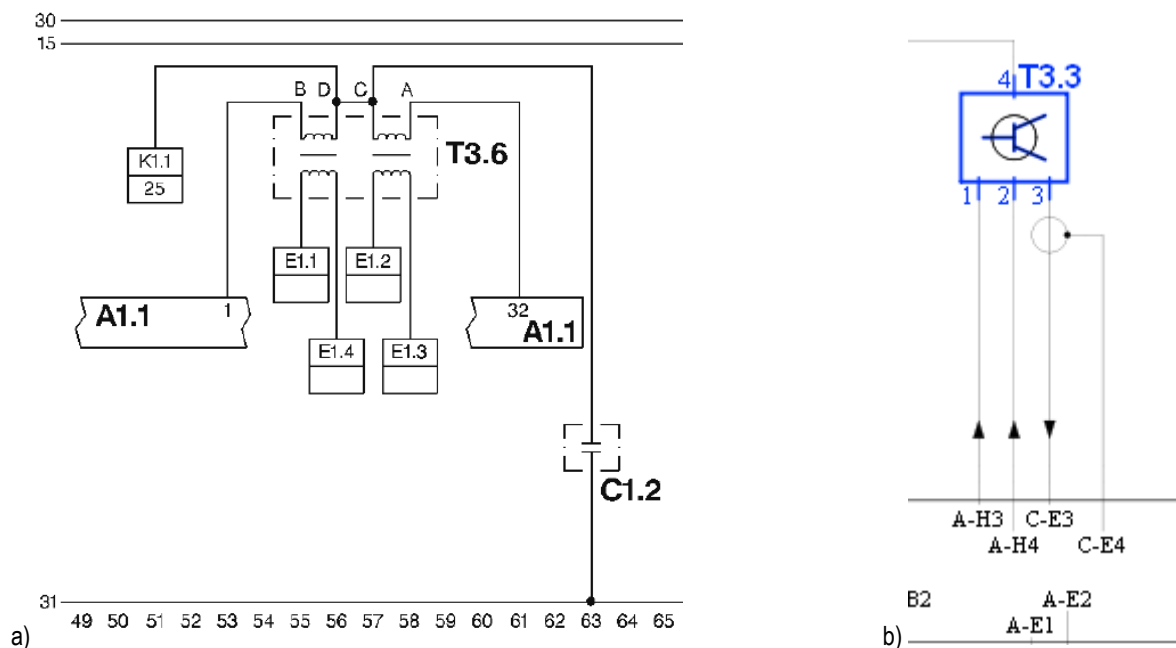
Po dokonaniu analizy literaturowej dotyczącej diagnozowania luzów zaworowych silników spalinowych oraz na podstawie własnego doświadczenia w diagnozowaniu i eksploatacji pojazdów z silnikami spalinowymi opracowano autorską, nową diagnostyczną metodę pośredniego określenia luzów zaworowych w silnikach o ZI.

1. METODYKA BADAŃ WŁASNYCH

W silnikach o ZI wyposażonych w cewki zapłonowe niezintegrowane z modułami zapłonowymi oraz ręcznie regulowane luzy zaworowe można zastosować opracowaną metodę pośredniego określenia ich stanu technicznego. Metoda ta umożliwia określenie jakościowo dwóch stanów technicznych typu: dobry lub zły, na podstawie analizy pomiarów napięcia samoindukcji obwodu pierwotnego cewki zapłonowej. Natomiast w układach z zintegrowanym modułem z cewką zapłonową i ręczną regulacją luzów zaworowych dokonuje się interpretacji przetworzonego sygnału z czujnika bezwzględnego ciśnienia powietrza w kolektorze dolotowym w stosunku do danych znamionowych. Pomiary te są wyrażone w [hPa] i wykonywane za pomocą interfejsu diagnostycznego (poprzez diagnosty-

kę szeregową sterownika silnika). Budowa cewki zapłonowej zintegrowanej razem z modułem wyklucza pomiar jej napięcia samoindukcji (brak dostępu do obwodu pierwotnego cewki zapłonowej), co potwierdzają zamieszczone na rysunku 1a i 1b schematy elektryczne.

3. Sprawdzenie czujnika ciśnienia bezwzględego powietrza w kolektorze dolotowym oraz jego instalacji elektrycznej [7].
4. Sprawdzenie szczelności kolektora dolotowego [7].
5. Wykonywanie pomiarów na pracującym silniku na biegu jałowym oraz przy normalnej temperaturze pracy.



Rys. 1. Schemat elektryczny cewki zapłonowej [7]; a) bez modułu zapłonowego (Dacia Logan MCV 1.6), b) z zintegrowanym modułem zapłonowym (Fiat Fiorino III 1.4), A1.1 – sterownik silnika, T3.6, T3.3 – cewka zapłonowa, C1.2 – kondensator przeciwzakłóceńowy, E1.x – świece zapłonowe, K1.1 – przełącznik główny, Up – uzwojenie pierwotne, Uw – uzwojenie wtórne

Badania pośredniego określania luzów zaworowych przeprowadzono w Radomiu w serwisie samochodowym „P.H.U. Logis”, który posiada autoryzację międzynarodowej sieci *Bosch Car Service*. Do badań wykorzystano zestaw do diagnostyki równoległej FSA 740 oraz szeregową KTS 550 firmy Bosch [6]. Urządzenia te umożliwiają m.in. zapis uzyskanych podczas pomiarów obrazów oscyloskopowych wraz z informacjami je charakteryzującymi oraz kompleksową diagnostykę silnika. Pomiarów wykonywano poprzez podłączenie sondy pomiarowej oscyloskopu do uzwojenia pierwotnego cewki zapłonowej oraz poprzez diagnostykę szeregową silnika. Uzyskane przebiegi zarejestrowano wraz z podstawowymi parametrami opisującymi sygnał. Są to: wartość minimalna, maksymalna oraz międzyszczytowa sygnału. Pomiarów wykonywano po spełnieniu następujących warunków koniecznych. Warunki te zależne są od budowy układu zapłonowego silnika o ZI.

Dla układu zapłonowego wyposażonego w cewki bez modułu zapłonowego, należy spełnić następujące warunki:

1. Sprawdzenie świec zapłonowych (m.in. ocena wzrokowa zużycia świecy zapłonowej, pomiar odstępów między elektrodami) [4, 5].
2. Sprawdzenie przewodów zapłonowych [7].
3. Sprawdzenie cewek zapłonowych oraz ich instalacji elektrycznej [7].
4. Wykonywanie pomiarów na pracującym silniku na biegu jałowym.

Dla układu zapłonowego wyposażonego w zintegrowane cewki razem z modułem zapłonowym, należy spełnić następujące warunki:

1. Sprawdzenie świec zapłonowych [4, 5].
2. Sprawdzenie cewek zapłonowych oraz ich instalacji elektrycznej [7].

2. ANALIZA WYNIKÓW BADAŃ

Przeprowadzono badania szeregu pojazdów wyposażonych w silnik o ZI posiadający ręcznie regulowane luzy zaworowe. Przed spełnieniem warunków koniecznych dokonano odczytu pamięci błędów sterownika silnika, ponieważ ewentualne błędy dotyczące układu zapłonowego mogą świadczyć m.in. o niepoprawnej regulacji luzów zaworowych. Z przeprowadzonych badań eksploatacyjnych wynika, że prawidłowa wartość napięcia samoindukcji obwodu pierwotnego cewki zapłonowej, podczas pracy silnika na biegu jałowym zależy od budowy silnika (np. zastosowana innego typu cewka zapłonowa). Stwierdzenie to potwierdzają zamieszczone poniżej przykładowe wyniki badań.

Tab. 2. Prawidłowe wartości napięcia samoindukcji obwodu pierwotnego cewki zapłonowej wybranych pojazdów

Lp.	Marka pojazdu	Napięcie samoindukcji [V]
1.	Dacia Logan 1.6	160...174
2.	Ford Mondeo I 2.0 16V	180...193
3.	Renault Megane II 1.6 16V	83...123
4.	Renault Clio II 1.2 8V	165...176
5.	Mercedes-Benz CLK 240	264...290

Z tego powodu interpretacja zarejestrowanych pomiarów napięcia samoindukcji wymaga posiadania pomiarów wzorcowych dla badanego silnika. W przypadku braku pomiarów wzorcowych, dokonuje się porównania pomiarów napięcia samoindukcji każdego obwodu pierwotnego cewek zapłonowych. Dla przykładu, na rysunku 2 przedstawiono wynik pomiarów napięcia samoindukcji dwuiskrowej cewki zapłonowej stosowanej w silniku Dacia 1.6 MPI o

mocy 64 [kW]. Badania wykonano przy sprawnym układzie zapłonowym oraz silniku pracującym na biegu jałowym.



Rys. 2. Pomiar napięcia samoindukcji obwodów pierwotnych dwuiskrowej cewki zapłonowej (Dacia Logan MCV 1.6); U-CH1 – kanał pomiaru napięcia samoindukcji cewki zapłonowej inicjującej zapłon na cylindrach 1 i 4 (wartość poprawna), U-CH2 – kanał pomiaru napięcia samoindukcji cewki zapłonowej inicjującej zapłon na cylindrach 2 i 3 (brak wymaganego luzu na zaworze wylotowym cylindra nr 3)

Z wykonanych pomiarów (rysunek nr 2) wynika, że wartość napięcia samoindukcji (kanał U-CH1 zaznaczony kolorem niebieskim) odzwierciedla prawidłowo ustawione luzy zaworowe na cylindrach 1 i 4. Natomiast na pozostałych cylindrach (pomiar na kanale U-CH2 zaznaczony kolorem czerwonym), należy przeprowadzić serwisową regulację luzów zaworowych. Różnica napięcia samoindukcji dla tych pomiarów wynosi 43V. Rozbieżność pomiarów napięcia samoindukcji o kilkadziesiąt woltów świadczy o konieczności sprawdzenia luzów zaworowych.

Natomiast na podstawie badań stanu regulacji luzów zaworowych, w których dokonywano pomiaru bezwzględnego ciśnienia w kolektorze dolotowym wynika, że po spełnieniu wymaganych warunków, znaczna rozbieżność wartości mierzonego ciśnienia bezwzględnego powietrza względem wartości znamionowej świadczy o nieodpowiednim stanie regulacji luzu zaworowego. Na podstawie jednego z wielu przypadków serwisowych, podczas którego przeprowadzono badanie pojazdu Fiat Fiorino III wyposażonego w silnik 1.4 o mocy 54 [kW] dokonano pomiaru bezwzględnego ciśnienia powietrza na pracującym na biegu jałowym silniku rozgrzanym do temperatury normalnej pracy. Maksymalne mierzone ciśnienie wyniosło 480 [hPa]. Według dokumentacji technicznej Bosch [7] dla tego silnika bezwzględne ciśnienie powietrza w kolektorze dolotowym przy tych warunkach badania powinno zawierać się w zakresie od 270 do 350 [hPa]. Jak potwierdzono symptom ten spowodowany był nieodpowiednim stanem regulacji luzów zaworowych.

PODSUMOWANIE I WNIOSKI

W niniejszym artykule przedstawiono metodę pośredniego określania luzów zaworowych w silnikach o ZI. Wskazano na możliwość wykorzystania do tego celu pomiarów napięcia samoindukcji obwodu pierwotnego cewki zapłonowej lub interpretacji mierzonego bezwzględnego ciśnienia powietrza w kolektorze dolotowym. Analiza napięcia samoindukcji może być wykonywana przy pomocy oscyloskopu bez konieczności demontażu dodatkowych elementów testowanego silnika (w niektórych przypadkach, należy jedynie zdemontować pokrywę silnika). Pozwala to ograniczyć czas i koszty procesu diagnozowania. Wykonano szereg badań diagnostyczno-

eksploatacyjnych, na podstawie których sformułowano następujące wnioski:

1. Zmiana luzów zaworowych powoduje wzrost napięcia samoindukcji obwodu pierwotnego cewki zapłonowej względem pomiarów wzorcowych.
2. Dokładne określenie, na którym cylindrze wymagana jest regulacja luzów zaworowych jest możliwe w silnikach z ręczną regulacją luzów zaworowych i posiadających po jednej cewce zapłonowej na cylinder (cewki niezintegrowane z modułem zapłonowym).
3. Pomiary napięcia samoindukcji obwodów pierwotnych dwuiskrowej cewki zapłonowej umożliwiają jedynie określenie poprawności regulacji luzów zaworowych na parach dwóch cylindrów silnika (cylindry 1 i 4 lub cylindry 2 i 3).

BIBLIOGRAFIA

1. Czechyra B., Szymański G., Tomaszewski F., Ocena luzu zaworów silnika spalinowego w oparciu o parametry drgań – założenia metodyczne, *Combustion Engines*, nr 1/2004.
2. Figlus T., Diagnozowanie luzów zaworowych silnika z zapłonem samoczynnym, *Zeszyty Naukowe, Transport / Politechnika Śląska*, Wydawnictwo Politechniki Śląskiej 2008.
3. Figlus T., Diagnozowanie luzów zaworowych silników spalinowych. *Zeszyty Naukowe, Transport / Politechnika Śląska*. Wydawnictwo Politechniki Śląskiej 2007.
4. Haynes Pro, Platforma informacyjna Workshop Data, wersja 2015/3.
5. Lotko W., Świece zapłonowe, Wydawnictwo Politechniki Radomskiej, Radom 2009.
6. Robert Bosch, Instrukcja obsługi FSA 740, 28-07-2004.
7. Robert Bosch GmbH, Platforma informacyjna ESI [Tronic] 2.0, wersja 2015/3.
8. Zajac P., Silniki pojazdów samochodowych 1, WKiŁ, Wydanie I 8/2009.

THE PROCEDURE FOR INDIRECT DETERMINING VALVE CLEARANCE IN SPARK-IGNITION ENGINES

Abstract

This paper presents a diagnostic procedure for indirect determining valve clearance in spark-ignition engines by measuring the voltage of self-induction of the primary circuit of the ignition coil or interpret the measured absolute air pressure in manifold. This procedure determines, after fulfilling the necessary conditions, the need to adjust the valve clearance.

Autorzy:

Lotko Wincenty - Uniwersytet Technologiczno-Humanistyczny im. Kazimierza Pułaskiego w Radomiu, Wydział Mechaniczny; 26-600 Radom; ul. Chrobrego 45; +48 48 361-76-42

Lechowski Marcin - „PHU Logis”; 26-600 Radom; ul. 1905 roku 3/9; +48 48 385-03-00