

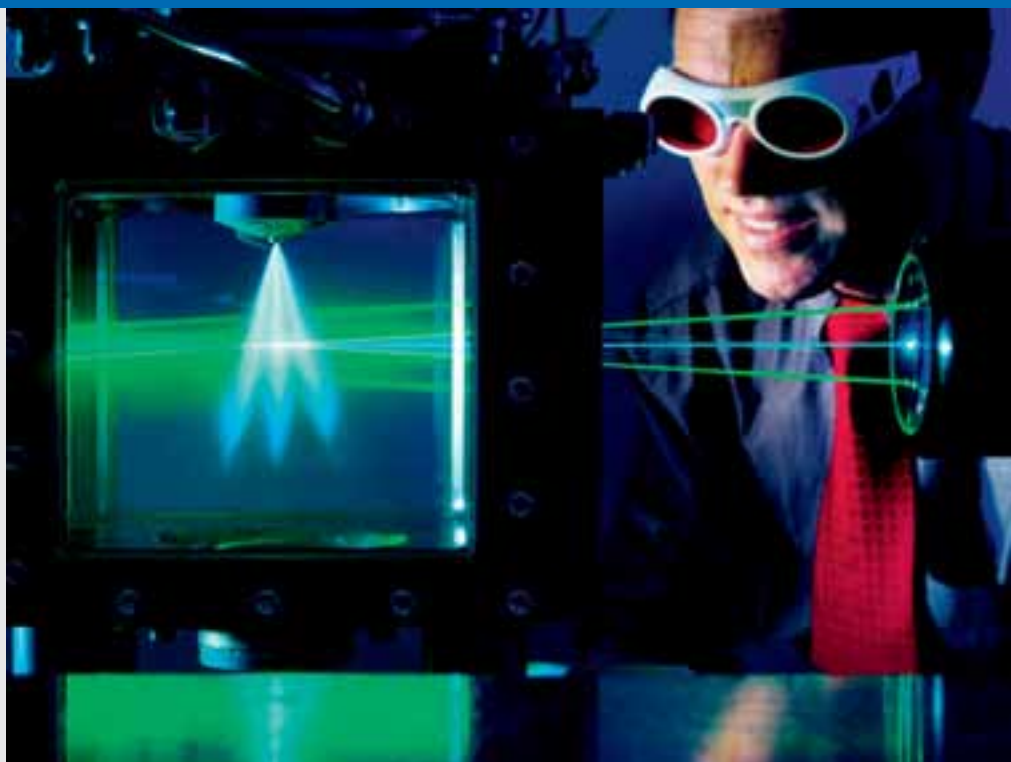
Diagnostyka układu paliwowego układu wtrysku benzyny silnika ZI

Kompendium praktycznej wiedzy

Autor: mgr inż. Stefan Myszkowski

dodatek techniczny do WIADOMOŚCI Inter Cars S.A. nr 34/Marzec 2010

Wiadomości



Spis treści

1. Ciśnienia - jednostki i sposoby określania jego wartości	2
1.1. Jednostki ciśnienia	
1.2. Przeliczenia wartości ciśnień podawanych w różnych jednostkach	
1.3. Przykłady przeliczeń jednostek	
1.4. Sposoby określania wartości ciśnień	
1.4.1. Określanie ciśnienia względem ciśnienia panującego w próżni	
1.4.2. Określanie ciśnienia względem ciśnienia atmosferycznego	
1.5. Sposoby określania wartości ciśnień a skala manometru	
1.6. Przeliczanie pod- lub nadciśnienia na ciśnienie absolutne i odwrotnie	
2. Układy paliwowe układów wtrysku benzyny silników ZI	6
2.1. Typy układów wtrysku benzyny	
2.2. Układy wtrysku benzyny typu wielopunktowego, pośredniego, powrotowego	
2.3. Układy wtrysku benzyny typu wielopunktowego, pośredniego, bezpowrotowego	
2.4. Układy wtrysku benzyny typu wielopunktowego, bezpośredniego	
2.5. Zadania układu paliwowego układu wtrysku benzyny	
2.6. Diagnostyka powrotowego układu paliwowego, wielopunktowego układu wtrysku benzyny silnika ZI	
2.6.1. Narzędzia pomiarowe oraz pomocnicze	
2.6.2. Pomiar 1: pomiar napięcia zasilania na zaciskach pompy paliwowej	
2.6.3. Pomiar 2: pomiar maksymalnego ciśnienia w układzie zasilania paliwem (dotyczy silnika wolnossącego)	
2.6.4. Pomiar 3: pomiar maksymalnego ciśnienia tłoczenia pompy paliwa	
2.6.5. Pomiar 4: Pomiar ciśnienia w układzie zasilania paliwem przy silniku pracującym na biegu jałowym	
2.6.6. Pomiar 5: pomiar wydajności tłoczenia pompy paliwa	
2.6.7. Pomiar 6: kontrola szczelności układu paliwowego	
2.6.8. Pomiar 7: kontrola szczelności wtryskiwaczy głównych, rozruchowego, złączy układu paliwowego	

Od autora



Szanowni Czytelnicy,

W epoce zasilania gaźnikowego, jedną z najważniejszych czynności pracownika serwisu był pomiar i regulacja poziomu paliwa w komorze pływakowej gaźnika. Wbrew pozorom, nie było to takie bardzo proste. Trzeba było znać sposób pomiaru i wymaganą wartość. Nieodłącznymi czynnościami były też demontaż i czyszczenie gaźnika.

Po wyparciu gaźników przez układy wtrysku benzyny, wielu pracowników serwisów skoncentrowało się na ich części elektronicznej. Nabywano czytniki kodów usterek lub bardziej zaawansowane testery diagnostyczne. Jednak czasami, przy poszukiwaniu przyczyny usterki zapomniano, że układ wtrysku benzyny składa się z dwóch części:

- układu zasilania paliwem;
- układu sterowania (czujniki, elementy wykonawcze i sterownik).

Programy sterujące większości układów wtryskowych nie wiedzą jednak, czy pompa paliwa tłoczy prawidłową ilość paliwa, o założonej przez konstruktora wartości ciśnienia – nie mają odpowiednich czujników pomiarowych. Sprawdzenie tego jest zadaniem dla pracownika serwisu. Jest to tak samo ważne jak sprawdzenie i ewentualna regulacja poziomu paliwa w komorze pływakowej gaźnika.

Drugim problemem – znanym już części serwisów, a związany z wtryskiwaczami benzyny, to ich zanieczyszczenie. Jest ono nieodłącznie związane z ich pracą. Szybciej zanieczyszczają się wtryskiwacze samochodów eksploatowanych w mieście oraz zasilanych gazem, mimo, że przy zasilaniu gazem są one wyłączone. Temu zagadnieniu przyjrzymy się szczegółowo w przyszłości.

Materiał, który dla Państwa przygotowałem, to nowe opracowanie materiału, który od roku 1996 wykorzystuję na szkoleniach. Na przykładzie wielopunktowego układu wtryskowego typu powrotowego, prezentuję, co, dlaczego i jak można zmierzyć lub sprawdzić w układzie paliwowym układu wtryskowego benzyny. Podobnie wykonuje się to w układach typu bezpowrotowego.

Opracowanie to powstało po zapoznaniu się dokumentacjami serwisowymi samochodów takich marek jak: Fiat, Honda, Toyota i Volkswagen, oraz literaturą techniczną firmy Robert Bosch. Mam nadzieję, że będzie ono dla Państwa pomocne.

Stefan Myszkowski

Zdjęcie na okładce: Technika laserowa jest wykorzystywana do oceny jakości rozpylenia benzyny, przez wtryskiwacz elektromagnetyczny. (Źródło: Robert Bosch)

1. Ciśnienia - jednostki i sposoby określania jego wartości

1.1. Jednostki ciśnienia

Ciśnienia, w danych technicznych, są podawane w różnych jednostkach, stąd potrzeba ich znajomości. Najbardziej popularną jednostką ciśnienia jest atmosfera techniczna [at]:

$$1 \text{ at} = 1 \text{ kg/cm}^2$$

Ciśnienie o wartości 1 at oznacza, że na powierzchnię 1 cm² naciska siła 1 kG.

W obowiązującym od wielu lat układzie jednostek SI, jednostką siły jest 1 niuton [N]. Nie ma w układzie jednostek SI jednostki kilogram siły [kG], dlatego ta jednostka siły nie jest już używana. Ciśnienie jest więc określane w paskalach [Pa]:

$$1 \text{ Pa} = 1 \text{ N/m}^2$$

Ciśnienie o wartości 1 Pa oznacza, że na powierzchnię 1 m² naciska siła 1 N. W praktyce są stosowane jednostki wielokrotne jednostki paskal [Pa]. Są one następujące i są w następującej relacji do jednostki paskal [Pa]:

- hektopaskal [hPa] - 1 hPa = 10² Pa = 100 Pa
- kilopaskal [kPa] - 1 kPa = 10³ Pa = 1000 Pa
- megapaskal [MPa] - 1 MPa = 10⁶ Pa = 1000000 Pa

Większość aktualnie oferowanych do sprzedaży manometrów jest wyskalowana w megapaskalach [MPa] lub w kilopaskalach [kPa].

1.2. Przeliczenia wartości ciśnień podawanych w różnych jednostkach

Dwoma najczęściej stosowanymi w praktyce jednostkami ciśnień są:

- atmosfera techniczna [at] - jest to jednostka używana jeszcze ze względów praktycznych „z przyzwyczajenia”, mimo że oficjalnie nie jest już jednostką obowiązującą;
- paskal [Pa] lub jej jednostki wielokrotne - są to jednostki obowiązujące.

Zależność pomiędzy wartościami ciśnienia podawanymi w atmosferach technicznych [at], a podawanymi w paskalach [Pa], jest następująca:

$$1 \text{ at} = 98066,5 \text{ Pa}$$

Dla praktyki warsztatowej całkowicie wystarczające jest następujące przybliżenie:

$$1 \text{ at} \approx 100000 \text{ Pa}$$

W dalszych przeliczeniach będę się posługiwał tym przybliżeniem. W praktyce warsztatowej można stosować następujące zależności pomiędzy ciśnieniem podanym w atmosferach technicznych [at] a ciśnieniem podawanym w jednostkach wielokrotnych jednostki paskal [Pa]:

$$1 \text{ at} \approx 1000 \text{ hPa} = 100 \text{ kPa} = 0,1 \text{ MPa}$$

Można również stosować następujące zależności pomiędzy ciśnieniem podanym w jednostkach wielokrotnych jednostki paskal [Pa] a ciśnieniem podanym w atmosferach technicznych [at]:

$$\begin{aligned} 1 \text{ hPa} &\approx 0,001 \text{ at} \\ 1 \text{ kPa} &\approx 0,01 \text{ at} \\ 1 \text{ MPa} &\approx 10 \text{ at} \\ 0,1 \text{ MPa} &\approx 1 \text{ at} \end{aligned}$$

W kraju jest wiele urządzeń pomiarowych wyskalowanych w innych jednostkach ciśnienia lub wartości ciśnień podawanych w tych jednostkach, np. w dokumentacjach serwisowych:

- bar [bar] (ma taką samą nazwę i oznaczenie jednostki).
- milimetr słupa rtęci [mmHg]
- centymetr słupa rtęci [cmHg]
- cal słupa rtęci [inHg]
- kilopond na centymetr kwadratowy [kp/cm²]

W praktyce warsztatowej, dla najczęściej spotykanych jednostek, można przyjąć następujące przeliczenia:

$$\begin{aligned} 1 \text{ bar} &= 10000 \text{ Pa} \approx 1 \text{ at} \\ 1 \text{ mmHg} &\approx 133,3 \text{ Pa} = 0,1333 \text{ kPa} \\ 1 \text{ kPa} &\approx 7,5 \text{ mmHg} \\ 1 \text{ at} &\approx 750 \text{ mmHg} \\ 1 \text{ cmHg} &= 10 \text{ mmHg} \\ 1 \text{ inHg} &\approx 25,4 \text{ mmHg} \approx 3385,8 \text{ Pa} \approx 3,3858 \text{ kPa} \\ 1 \text{ kPa} &\approx 0,295 \text{ inHg} \\ 1 \text{ kp/cm}^2 &= 1 \text{ at} \end{aligned}$$

1.3. Przykłady przeliczeń jednostek

Jeśli mamy z pomocą ręcznej pompki podciśnieniowej uzyskać podciśnienie 300 milimetrów słupa rtęci [mmHg], ale skala manometru jest wyskalowana w atmosferach technicznych [at], to należy wykonać następujące przeliczenie:

$$\text{ponieważ: } 1 \text{ mmHg} = 0,1333 \text{ kPa}$$

$$\text{więc: } 300 \text{ mmHg} = 300 \times 0,1333 \text{ kPa} = 39,99 \text{ kPa} \approx 40 \text{ kPa}$$

Trzeba jeszcze przeliczyć ciśnienie z kilopaskali [kPa] na atmosfery techniczne [at], wykorzystując zależność:

$$1 \text{ kPa} \approx 0,01 \text{ at}$$

Po przeliczeniu otrzymujemy więc:

$$40 \text{ kPa} \approx 0,40 \text{ at}$$

Jeśli skala manometru jest wyskalowana w calach słupa rtęci [inHg], a wskazówka pokazuje ciśnienie 13 inHg, to aby przeliczyć wynik na kilopaskale [kPa], jednostkę stosowaną w naszym kraju i bardziej znaną, należy wykonać następujące przeliczenie:

$$\text{ponieważ: } 1 \text{ inHg} \approx 3,3858 \text{ kPa}$$

$$\text{więc: } 13 \text{ inHg} \approx 13 \times 3,3858 \text{ kPa} = 44,01 \text{ kPa} \approx 44 \text{ kPa}$$

Jeśli jesteśmy stale zmuszeni do przeliczania jednostek, to sugeruję przygotować tabele przeliczeniowe.

1.4. Sposoby określania wartości ciśnień

Są dwa sposoby określania wartości mierzonego ciśnienia:

- przez porównanie wartości mierzonego ciśnienia z ciśnieniem panującym w próżni;
- przez porównanie wartości mierzonego ciśnienia z ciśnieniem otoczenia, zwanym w skrócie ciśnieniem atmosferycznym, które na nas oddziałuje.

1.4.1. Określanie ciśnienia względem ciśnienia panującego w próżni.

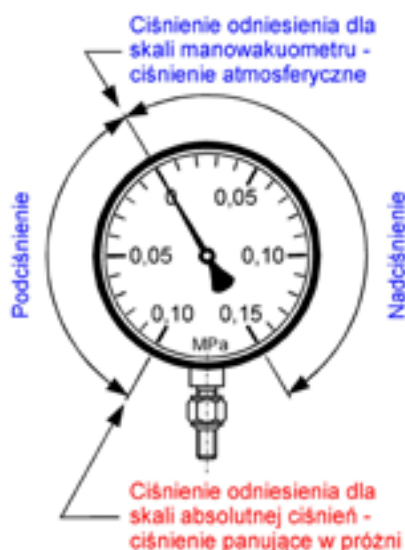
W idealnej próżni ciśnienie nie występuje - wynosi zero (niezależnie od jednostek ciśnienia). Każde ciśnienie, jest większe od ciśnienia panującego w idealnej próżni, dlatego wartość ciśnienia występującego w idealnej próżni jest stosowana jako odniesienie przy wyznaczaniu tzw. ciśnienia absolutnego. Określenie „ciśnienie absolutne” oznacza, że wartość danego ciśnienia porównujemy do ciśnienia występującego w próżni. Na rys.1, na lewej osi, jest naniesiona skala dla podawania ciśnień w skali absolutnej. Ciśnienie atmosferyczne oznaczone jako p_{at} wynosi w przybliżeniu: 0,1 MPa lub 100 kPa lub 1000 hPa lub 1 at lub 750 mmHg. W rzeczywistości, jego wartość ulega zmianie. Aktualną wartość ciśnienia atmosferycznego, w [mmHg] lub [hPa], w odniesieniu do określonego miejsca np. płyty lotniska Okęcie w Warszawie, podają komunikaty pogodowe. Ze zmianą wysokości pomiaru nad poziomem morza, wartość ta ulega zmianie. Maleje przy wzroście wysokości i rośnie przy obniżaniu wysokości w stosunku do poziomu morza. Podane wartości ciśnienia atmosferycznego można przyjąć jako stałe, jeśli nie przebywamy w miejscach położonych na znacznych wysokościach w stosunku do poziomu morza.

1.4.2. Określanie ciśnienia względem ciśnienia atmosferycznego.

Z tym sposobem podawania ciśnienia spotykają się Państwo w praktyce warsztatowej na co dzień. Jako ciśnienie odniesienia, jest przyjmowane aktualne ciśnienie atmosferyczne. W tym wypadku wartość jego jest przyjmowana jako zero. Na rys.1, na prawej osi, jest naniesiona skala dla określania ciśnień w odniesieniu do ciśnienia atmosferycznego.

Przy tym sposobie określania ciśnień rozróżniamy:

1. Podciśnienie, informujące o ile dana wartość ciśnienia jest mniejsza od ciśnienia atmosferycznego - na rys.1, podciśnienie jest oznaczone symbolem p_{p1} ; jeśli nie jest używany termin „podciśnienie”, należy wartość ciśnienia poprzedzić znakiem minus (-);
2. Nadciśnienie, informujące o ile dana wartość ciśnienia jest większa od ciśnienia atmosferycznego - na rys.1 nadciśnienie jest ono oznaczone symbolem p_{n2} ; jeśli nie jest używany termin „nadciśnienie”, to wartość dodatnią ciśnienia przyjmujemy jako nadciśnienie.

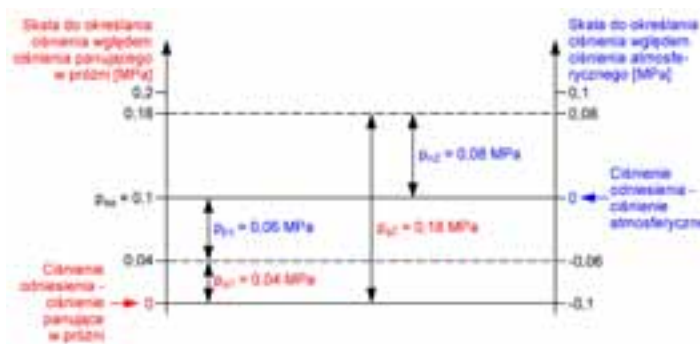


Rys.2 Na skali manowakuometru, do pomiarów podciśnienia i nadciśnienia, w zakresie od 0 do 0,15 MPa, zaznaczone są: ciśnienie odniesienia dla skali absolutnej ciśnienia ciśnienie odniesienia dla skali pomiaru ciśnienia względem ciśnienia atmosferycznego oraz zakresy pod- i nadciśnienia.

1.5. Sposoby określania wartości ciśnień a skala manometru

Manometrem nazywamy ogólnie miernik do pomiarów ciśnień. Rozróżniamy ich następujące rodzaje:

- manometr - przyjmujemy domyślnie, że manometr mierzy nadciśnienie;
- wakuometr - miernik do pomiaru podciśnienia;
- manowakuometr - miernik do pomiaru i pod- i nadciśnienia.



Rys.1 Skale do określania wartości ciśnień: po lewej stronie - absolutnych, względem ciśnienia odniesienia, o wartości ciśnienia panującego w próżni, równej zero, niezależnie od jednostek ciśnienia; po prawej stronie - względem ciśnienia odniesienia, o wartości ciśnienia atmosferycznego. Porównanie obu skal informuje o relacjach pomiędzy wartościami ciśnień podawanymi w jednej lub drugiej skali. Zaznaczone ciśnienia: p_{a2} - wartość absolutna ciśnienia atmosferycznego; p_{a1} i p_{a2} - wartości absolutne ciśnień; p_{p1} - wartość podciśnienia; p_{n2} - wartość nadciśnienia. Sposób przeliczania wartości ciśnień pomiędzy oboma skalami, jest podany w tekście.

Skala każdego manometru, wakuometru lub manowakuometru podaje wartość mierzonego ciśnienia względem ciśnienia atmosferycznego. Na rys. 2, na skali manowakuometru, są zaznaczone wielkości i zakresy ciśnień charakterystyczne dla tego sposobu określania ciśnienia:

1. Cyfra zero na skali każdego manometru, wakuometru lub manowakuometru jest ciśnieniem odniesienia; jego wartość jest równa aktualnej wartości ciśnienia atmosferycznego, względem którego są porównywane wartości mierzonych ciśnień; jeśli wskazówka manometru, wakuometru lub manowakuometru spoczywa na cyfrze zero to oznacza, że aktualnie mierzone ciśnienie jest równe ciśnieniu atmosferycznemu;
2. Jeśli wskazówka manowakuometru lub wakuometru znajduje się po lewej stronie zera, to mierzone jest podciśnienie, czyli ciśnienie o wartości niższej od atmosferycznego;
3. Jeśli wskazówka manometru lub manowakuometru znajduje się po prawej stronie zera, to mierzone jest nadciśnienie, czyli ciśnienie o wartości wyższej od atmosferycznego;

Na rys. 2, na skali manowakuometru, jest zaznaczone ciśnienie odniesienia dla absolutnej skali ciśnienia. Według skali manowakuometru, podciśnienie panujące w próżni ma wartość 0,10 MPa, ale w skali absolutnej ciśnienie w próżni ma wartość zero - patrz rys.1. Ta wiedza umożliwia odczyt ciśnienia w skali absolutnej, bezpośrednio na skali manometru, wakuometru lub manowakuometru.

1.6. Przeliczanie pod- lub nadciśnienia na ciśnienie absolutne i odwrotnie

Jeszcze do niedawna, pomiar ciśnienia względem ciśnienia atmosferycznego był w warunkach warsztatowych wystarczający. Wprowadzenie w układach sterowania, np. silnika, czujników ciśnienia absolutnego, o różnych zakresach pomiarowych, wymusiło posługiwanie się w warsztacie skalą absolutną ciśnienia i umiejętność przeliczania wartości absolutnych na pod- lub nadciśnienie, i odwrotnie.

Jeśli przykładowo zmierzona wakuometrem wartość podciśnienia wynosi $p_{p1} = 0,06$ MPa (patrz rys.1), to przy panującym ciśnieniu atmosferycznym absolutnym, o wartości $p_{aa} = 0,1$ MPa, wartość tego ciśnienia wyrażona w skali absolutnej, oznaczona p_{a1} , wynosi (oznaczenia we wzorze zgodne z rys.1 i 3):

$$(1) \quad p_{a1} = p_{aa} - p_{p1} = 0,1 - 0,06 = 0,04 \text{ MPa}$$

Wartości ciśnienia absolutnego p_{a1} i podciśnienia p_{p1} są zaznaczone na skali manowakuometru, na rys.3. Wartość podciśnienia p_{p1} można odczytać bezpośrednio na skali manowakuometru i wakuometru. Wartość ciśnienia absolutnego p_{a1} można również, oprócz obliczenia z wzoru (1), odczytać na skali manowakuometru lub wakuometru, licząc liczbę działek od kreski skali oznaczającej podciśnienie o wartości 0,10 MPa (ciśnienie odniesienia dla skali absolutnej ciśnień) do miejsca na skali wskazywanego wskazówką - na rys.3 jest to kreska na skali oznaczającą wartość podciśnienia $p_{p1} = 0,06$ MPa.

Analogicznie jest dla nadciśnień. Jeśli zmierzone manometrem nadciśnienie wynosi $p_{n2} = 0,08$ MPa (patrz rys.1), to przy ciśnieniu atmosferycznym absolutnym o wartości $p_{aa} =$

0,1 MPa, wartość tego ciśnienia wyrażona w skali absolutnej, oznaczona p_{a2} , wynosi (oznaczenia we wzorze zgodne z rys.1 i 4):

$$(2) \quad p_{a2} = p_{aa} + p_{n2} = 0,1 + 0,08 = 0,18 \text{ MPa}$$

Wartości ciśnienia absolutnego p_{a2} i nadciśnienia p_{n2} są zaznaczone na skali manowakuometru na rys.4. Wartość nadciśnienia p_{n2} można odczytać bezpośrednio na skali manowakuometru i manometru. Wartość ciśnienia absolutnego p_{a2} można również, oprócz obliczenia z wzoru (2), odczytać na skali manowakuometru, licząc liczbę działek od kreski skali oznaczającej podciśnienie o wartości 0,10 MPa (ciśnienie odniesienia dla skali absolutnej ciśnień) do miejsca na skali wskazywanego wskazówką - na rys.4 jest to kreska na skali oznaczającą wartość nadciśnienia $p_{n2} = 0,08$ MPa.

Dla przeliczania ciśnienia o wartości podanej w skali absolutnej (np. zmierzonego czujnikiem ciśnienia absolutnego) na pod- lub nadciśnienie, należy użyć poniższych wzorów ogólnych:

dla przeliczenia ciśnienia w skali absolutnej na podciśnienie:

$$(3) \quad p_p = p_{aa} - p_a$$

dla przeliczenia ciśnienia w skali absolutnej na nadciśnienie:

$$(4) \quad p_n = p_a - p_{aa}$$

gdzie:

p_p - wartość podciśnienia;

p_n - wartość nadciśnienia;

p_{aa} - wartość absolutna ciśnienia atmosferycznego;

p_a - wartość absolutna ciśnienia.



Rys.3 Na skali manowakuometru są zaznaczone: wartość ciśnienia absolutnego p_{a1} i odpowiadająca mu wartość podciśnienia p_{p1} . Te same wartości ciśnień są zaznaczone na rys.1.



Rys.4 Na skali manowakuometru są zaznaczone: wartość ciśnienia absolutnego p_{a2} i odpowiadająca mu wartość nadciśnienia p_{n2} . Te same wartości ciśnień są zaznaczone na rys.1.

2. Układy paliwowe układów wtrysku benzyny silników ZI

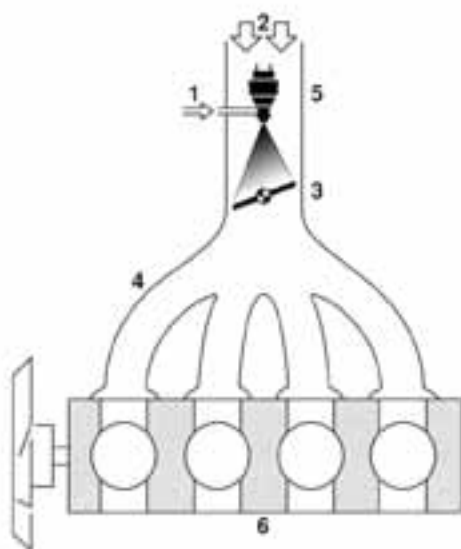
W dobie elektronizacji układów wtryskowych benzyny, wielu pracowników serwisów, z testerem w rękę, poszukuje w sterowniku silnika informacji o ewentualnej przyczynie uszkodzenia. Zapomina jednak czasem o podstawowej roli, jaką w układzie wtryskowym pełni układ doprowadzający paliwo do wtryskiwaczy.

2.1. Typy układów wtrysku benzyny

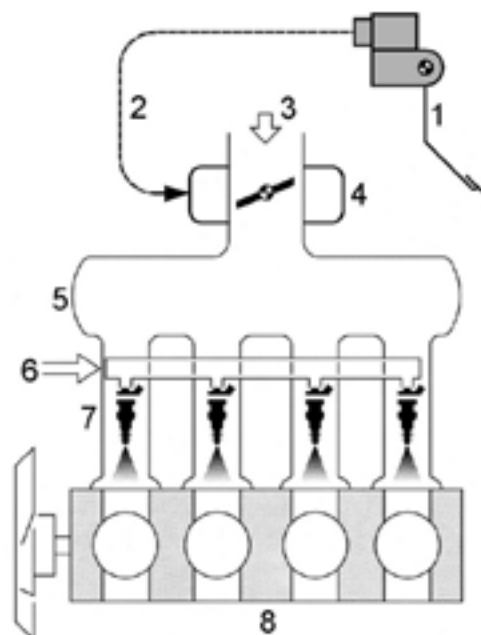
Układy wtrysku benzyny, z wtryskiwaczami otwieranymi elektrycznie, ze względu na miejsce wtrysku benzyny, dzielimy na następujące typy:

- układy wtrysku pośredniego, w których wtrysk paliwa następuje do kolektora dolotowego - rozróżniamy jednopunktowe (rys.5) i wielopunktowe (rys.6 i 7) układy wtrysku benzyny;
- układy wtrysku bezpośredniego, w których wtrysk paliwa następuje bezpośrednio do komory spalania (rys.9).

Pośrednie układy wtryskowe benzyny, z wtryskiwaczami otwieranymi elektrycznie, ze względu na budowę układu paliwowego, dzielimy na następujące typy:



Rys.5 Układ jednopunktowego pośredniego wtrysku benzyny. Elementy na rysunku: 1 - doprowadzenie paliwa; 2 - dopływ powietrza z filtra powietrza; 3 - przepustnica; 4 - kolektor dolotowy; 5 - wtryskiwacz benzyny; 6 - silnik. (Źródło - Robert Bosch)

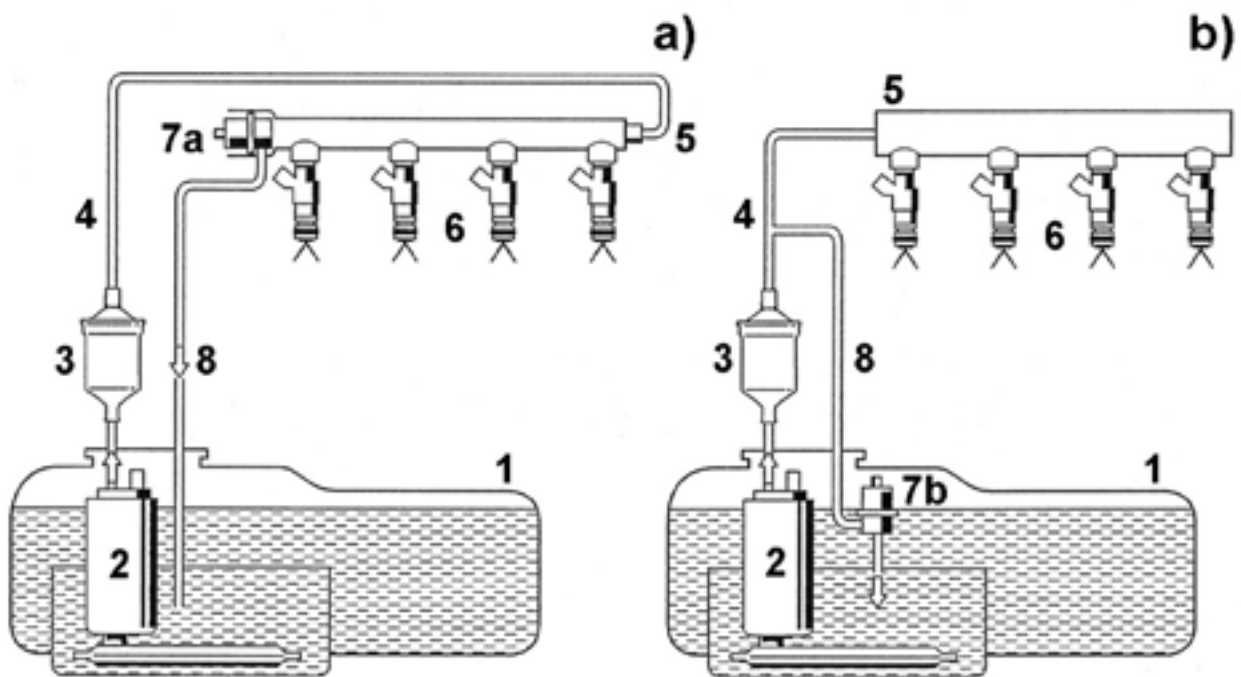


Rys.6 Układ wielopunktowego pośredniego wtrysku benzyny wraz z układem sterowania przepustnicą. Elementy na rysunku: 1 - pedał przyspieszenia; 2 - układ sterowania przepustnicą za pośrednictwem linki lub układu elektronicznego (układ EGAS); 3 - powietrze zasysane przez silnik; 4 - przepustnica; 5 - kolektor dolotowy; 6 - listwa paliwowa; 7 - wtryskiwacze benzyny; 8 - silnik. (Źródło - Robert Bosch)

- jednopunktowe, z przewodem powrotnym paliwa, tzw. powrotowe - wtrysk paliwa następuje do kolektora dolotowego, przed przepustnicą (rys.5);
- wielopunktowe - wtrysk paliwa następuje do odcinków kolektora dolotowego, przynależnych poszczególnym cylindrom, bezpośrednio przed zaworami dolotowymi każdego z nich (rys.6);
- z przewodem powrotnym paliwa z listwy paliwowej do zbiornika paliwa, tzw. powrotowe (rys.7a);
- bez przewodu powrotnego paliwa z listwy paliwowej do zbiornika paliwa, tzw. bezpowrotowe (rys.7b).

2.2. Układy wtrysku benzyny typu wielopunktowego, pośredniego, powrotowego

W układach wtrysku benzyny typu wielopunktowego, pośredniego i powrotowego (rys.7a), pompa paliwowa (2) tłoczy do listwy paliwowej (5) więcej paliwa, niż silnik może zużyć. Jego nadmiar zapewnia niezbędną wymianę paliwa w listwie paliwowej, celem zapobieżenia nadmiernej temperaturze benzyny, który może spowodować „wrzenie” jej lekkich frakcji. Nadmiar paliwa powraca do zbiornika (1) przewodem (8). Regulator ciśnienia paliwa (7a), zamontowany w listwie paliwowej, ma za zadanie utrzymanie stałej różnicy ciśnienia paliwa w stosunku do ciśnienia powietrza panującego w kolektorze dolotowym, pomiędzy przepustnicą a zaworem dolotowym - patrz podrozdział 2.5. i rys.11.



Rys.7 Dwa podstawowe typy układów paliwowych pośrednich, wielopunktowych układów wtryskowych benzyny: a - powrotowy; b - bezpowrotowy. Elementy na rysunku: 1 - zbiornik paliwa; 2 - pompa paliwa; 3 - dokładny filtr paliwa; 4 - przewód tłoczny pompy paliwa; 5 - listwa paliwowa, zasilająca paliwem wtryskiwacze; 6 - wtryskiwacze; 7a - regulator ciśnienia paliwa, który utrzymuje stałą wartość różnicy ciśnienia paliwa w listwie paliwowej, w stosunku do ciśnienia powietrza w kolektorze dolotowym; 7b - regulator ciśnienia paliwa, który utrzymuje określoną (stałą lub zmienną) wartość różnicy ciśnienia paliwa w listwie paliwowej, w stosunku do ciśnienia atmosferycznego (otoczenia) powietrza; 8 - przewód powrotny paliwa do zbiornika. (Źródło - Robert Bosch)

Określenie „sekwencyjny”, układu wtrysku benzyny typu wielopunktowego, oznacza, że moment wtrysku dawki paliwa dla każdego z cylindrów jest zsynchronizowany z chwilą otwarcia zaworu dolotowego tego cylindra (w starszych układach, nie ma tej synchronizacji). Przy małych obciążeniach silnika, wtrysk całej dawki paliwa następuje przy zamkniętym zaworze dolotowym, a przy dużym obciążeniu następuje podczas otwarcia zaworu dolotowego. Czas pomiędzy otwarciem wtryskiwacza a otwarciem zaworu dolotowego, jest regulowany w zależności od obciążenia silnika. Natomiast dawki paliwa, czyli czasy otwarcia wszystkich wtryskiwaczy silnika, są jednakowe, podczas jednego cyklu pracy silnika, w warunkach ustalonych. Przypomnę, że cykl pracy typowego silnika czterosuwowego to 2 obroty wału korbowego, podczas których, w każdym z cylindrów cykl pracy występuje tylko raz, niezależnie od ilości cylindrów silnika.

Jeśli przykładowo, w jednym cyklu pracy silnika, suwy pracy odbywają się kolejno w cylindrach nr 1-3-4-2, to:

- kolejność otwierania wtryskiwaczy jest taka sama jak kolejność suwów pracy w cylindrach silnika;
- w jednym cyklu pracy silnika, czas otwarcia wtryskiwaczy przynależnych poszczególnym cylindrom, w ustalonych warunkach pracy silnika, jest taki sam.

Dopiero w następnym cyklu pracy, czas ten może ulec zmianie. W obecnych silnikach ZI, w czas wtrysku benzyny jest ustalany indywidualnie dla każdego cylindra, podobnie jak kąta wyprzedzenia zapłonu. Takich możliwości regulacji nie dają dwustanowe czujniki tlenu. Dają je wprawdzie szerokopasmowe czujniki tlenu, ale te możliwości nie są obecnie wykorzystywane przez konstruktorów w silnikach samochodów sprzedawanych w Europie. Nie zmusza ich do tego obecnie obowiązująca norma Euro 4 emisji spalin. Samochody z takimi silnikami są już prawdopodobnie w USA, a w Europie pojawią się może po wprowadzeniu norm Euro 5 lub kolejnych, bardziej wymagających.

W silniku wyposażonym w układ wielopunktowego pośredniego wtrysku benzyny, przepustnica silnika jest sterowana pedałem przyspieszenia, za pośrednictwem cięgła, lub bez połączenia mechanicznego, za pośrednictwem sterowanego elektronicznie nastawnika przepustnicy, tzw. układu EGAS (rys.6). Podczas:

- rozruchu silnika;
- pracy silnika na biegu jałowym;
- pracy silnika przy wykrytym przez sterownik uszkodzeniu układu sterującego;
- układ EGAS, może bez udziału kierowcy ustalać aktualną wartość kąta otwarcia przepustnicy.

2.3. Układy wtrysku benzyny typu wielopunktowego, pośredniego, bezpowrotowego

Ponieważ krążenie paliwa pomiędzy zbiornikiem a listwą paliwową, w układach paliwowych z przewodem powrotnym, powoduje wzrost temperatury benzyny w zbiorniku, co zwiększa ilość parującego paliwa, dlatego obecnie większość układów pośredniego wielopunktowego wtrysku benzyny jest układami bezpowrotowymi, bez przewodu powrotnego (rys.7b). W tych układach, regulator ciśnienia paliwa (7b) jest przyłączony bezpośrednio za pompą paliwa (2). Jego zadaniem jest utrzymanie określonej, stałej lub zmiennej (zależnie od typu regulatora), różnicy ciśnienia paliwa tłoczonego do listwy paliwowej, w stosunku do ciśnienia atmosferycznego (otoczenia). Regulatory mechaniczne utrzymują stałą wartość różnicy ciśnienia paliwa - patrz podrozdział 2.5. i rys.12, a regulatory elektroniczne, kontrolowane przez sterownik silnika, mogą w określonych warunkach pracy zwiększać wartość różnicy ciśnienia w stosunku do ciśnienia atmosferycznego, celem:

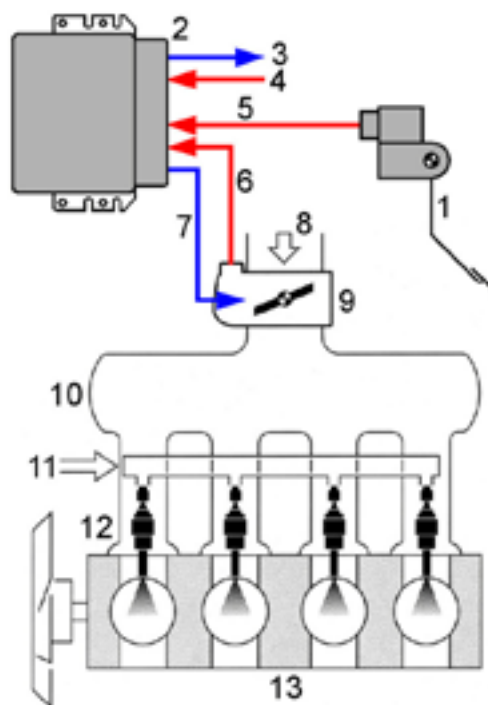
- zwiększenia ilości wtryskiwanego paliwa;
- w silnikach doładowanych, gdy duża ilość powietrza jest tłoczona do silnika;
- podczas rozruchu silnika, aby uzyskać wymagany stopień wzbogacenia mieszanki.
- zwiększenia ciśnienia paliwa w listwie paliwowej, po wyłączeniu silnika, dla zabezpieczenia przed wrzeniem lekkich frakcji paliwa, co utrudnia rozruch gorącego silnika - patrz rys.8.

2.4. Układy wtrysku benzyny typu wielopunktowego, bezpośredniego

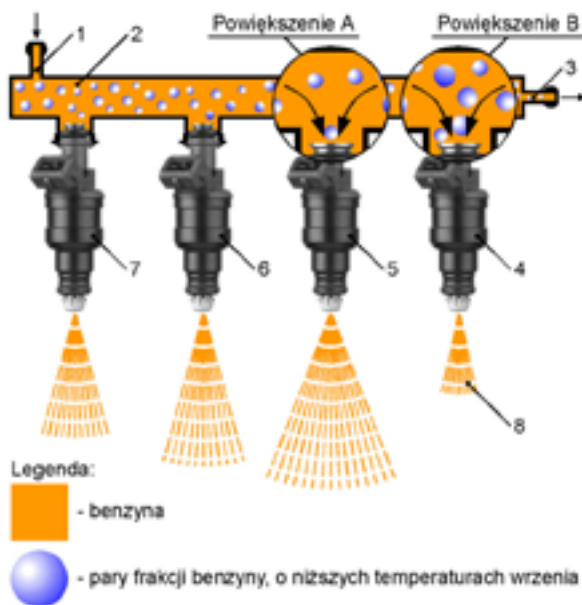
W typie układu wtryskowego każdy cylinder ma swój wtryskiwacz. Wtryskują one paliwo bezpośrednio do przestrzeni komory spalania (rys.9). W niej przebiega proces odparowania paliwa i mieszania z powietrzem.

W odróżnieniu od układu pośredniego wtrysku, układ bezpośredniego wtrysku benzyny może do tego samego silnika wtryskiwać ją w różnych momentach, w jednej lub więcej dawkach. W ten sposób można utworzyć mieszanki uwarstwione lub homogeniczne o różnych składach oraz wykonywać dodatkowe zadania, np. nagrzewanie katalizatora, ochrona przed spalaniem stukowym. Aby to było możliwe, przepustnica silnika musi być sprzężona z pedałem przyspieszenia za pośrednictwem układu EGAS (patrz rys.9), ponieważ w niektórych sytuacjach sterownik musi mieć możliwość innego ustawienia lub poruszania przepustnicą silnika, niż wynika to z ustawienia lub ruchu pedału przyspieszenia. Oczywiście to nadal kierowca decyduje o wielkości momentu obrotowego, z którym pracuje silnik!

W silnikach ZI z układami wtrysku pośredniego lub gaźnikiem, kierowca przez zmianę ustawienia pedału przyspieszenia



Rys.9 Układ bezpośredniego wtrysku benzyny wraz z układem sterowania przepustnicą. 1 - pedał przyspieszenia; 2 - sterownik silnika; 3 - sygnały wyjściowe dla elementów wykonawczych; 4 - sygnały wejściowe z czujników; 5 - informacja o kącie ustawienia pedału przyspieszenia; 6 - informacja o kącie otwarcia przepustnicy; 7 - sygnał sterujący zmianą wartości kąta otwarcia przepustnicy; 8 - powietrze zasysane przez silnik; 9 - nastawnik przepustnicy; 10 - kolektor dolotowy; 11 - listwa paliwowa; 12 - wtryskiwacze benzyny; 13 - silnik. (Źródło - Robert Bosch)

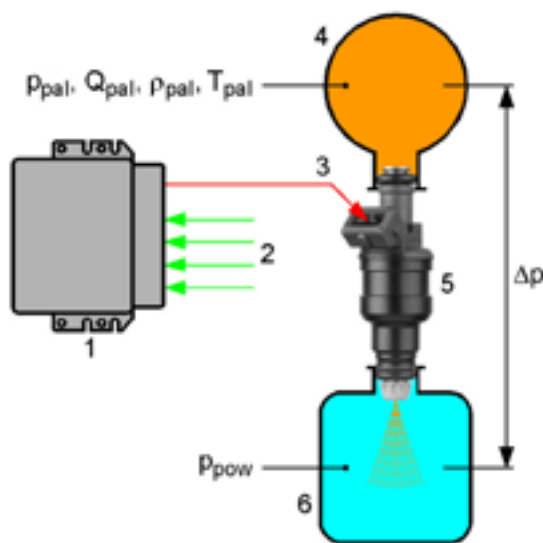


Rys.8 W listwie paliwowej układu wtryskowego, zasilającej wtryskiwacze, wzrost temperatury może spowodować wrzenie frakcji benzyny o niższych temperaturach wrzenia. W jego następstwie, listwę paliwową zasilającą wtryskiwacze, wypełnia mieszanina benzyny i pęcherzyków par benzyny. Rysunek pokazuje listwę paliwową układu powrotnego, w którym nadmiar benzyny, tłoczony przez pompę, powraca do zbiornika. Oznaczenia na rysunku: 1 - króciec dopływu benzyny; 2 - listwa paliwowa; 3 - króciec odpływu benzyny do zbiornika (jest on tylko w układach powrotnych); 4 do 7 - wtryskiwacze; 8 - strumień benzyny wtryskiwanej przez wtryskiwacz. Opis w tekście artykułu.

szczenia zmienia ilość powietrza zasysanego przez silnik, przez co reguluje wartość momentu obrotowego silnika. W silnikach z układem bezpośredniego wtrysku benzyny, kierowca również reguluje wartość momentu obrotowego silnika, ale może to następować przez:

- zmianę ilości zasysanego przez silnik powietrza, czyli tak jak w znanych dotychczas silnikach ZI - przy spalaniu przez silnik z bezpośrednim wtryskiem benzyny mieszanek homogenicznych ubogich ($\lambda > 1$) lub o składzie bliskim stechiometrycznemu ($\lambda \approx 1$);
- zmianę ilości wtrysniętego do silnika paliwa, czyli tak jak w silnikach ZS - przy spalaniu przez silnik z bezpośrednim wtryskiem benzyny mieszanek uwarstwionych.
- Kierowca o tych zmianach w sposobie sterowania silnikiem nie wie i ich nie odczuwa - on tylko „obsługuje” pedał przyspieszenia.

Współczesne układy bezpośredniego wtrysku benzyny są wyrafinowane technicznie. Przykładowo, program sterownika układu sterowania silnikiem firmy Bosch, z pośrednim wielopunktowym układem wtryskowym, o symbolu ME 7.5.10, ma 287 funkcji. Natomiast w programie sterownika porównywalnego z nim układu sterowania silnikiem, ale z bezpośrednim układem wtrysku benzyny, o symbolu MED 7.5.10, funkcji jest 411.



Rys.10 Każdy układ wtrysku benzyny, można przedstawić w postaci przedstawionej na rysunku. Elementy układu: 1 - sterownik silnika; 2 - wygnały wejściowe; 3 - sygnał wyjściowy, sterujący czasem otwarcia wtryskiwaczy; 4 - listwa paliwowa zasilająca paliwem wtryskiwacze; 5 - wtryskiwacz benzyny; 6 - przestrzeń wypełniona powietrzem, do której wtryskiwane jest paliwo. Wielkości charakterystyczne dla procesu wtrysku paliwa i jego masy: P_{pal} - ciśnienie paliwa w listwie zasilającej wtryskiwacze; Q_{pal} - natężenie tłoczenia pompy paliwowej; P_{pal} - gęstość paliwa, T_{pal} - temperatura paliwa; P_{pow} - ciśnienie powietrza w przestrzeni wypełnionej powietrzem, do której wtryskiwane jest paliwo; Δp - różnica pomiędzy ciśnieniem paliwa p_{pal} w listwie paliwowej a ciśnieniem powietrza P_{pow} .

2.5. Zadania układu paliwowego układu wtrysku benzyny

Każdy typ układu wtryskowego benzyny (bezpośredniego również) można przedstawić w postaci schematu z rys.10. Składa się on z dwóch części:

- układu zasilania paliwem;
- elektronicznego układu sterującego.

Wtryskiwacze paliwa (5) są zamontowane w listwie (4), która zasila je paliwem. Paliwo jest wtryskiwane do przestrzeni (6) wypełnionej powietrzem. Aby została utworzona mieszanka o wymaganym w danej chwili składzie, konieczne jest wtrysnięcie określonej masy paliwa m_{wp} . Układ wtryskowy nie potrafi odmierzyć jednak określonej masy dawki paliwa. Może tylko odmierzyć określoną objętość dawki paliwa V_{wp} . Masę wtrysniętego paliwa obliczamy z wzoru:

$$m_{wp} = V_{wp} \times \rho_{pal}$$

w którym:

V_{wp} - objętość wtrysniętego paliwa [m³];

ρ_{pal} - gęstość paliwa [kg/m³].

Gęstość paliwa zależy od jego ciśnienia p_{pal} oraz temperatury T_{pal} .

Objętość dawki paliwa V_{wp} , wtrysniętej przez wtryskiwacz podczas jednego wtrysku obliczamy z wzoru:

$$V_{wp} = t_w \times Q_{pp}$$

w którym:

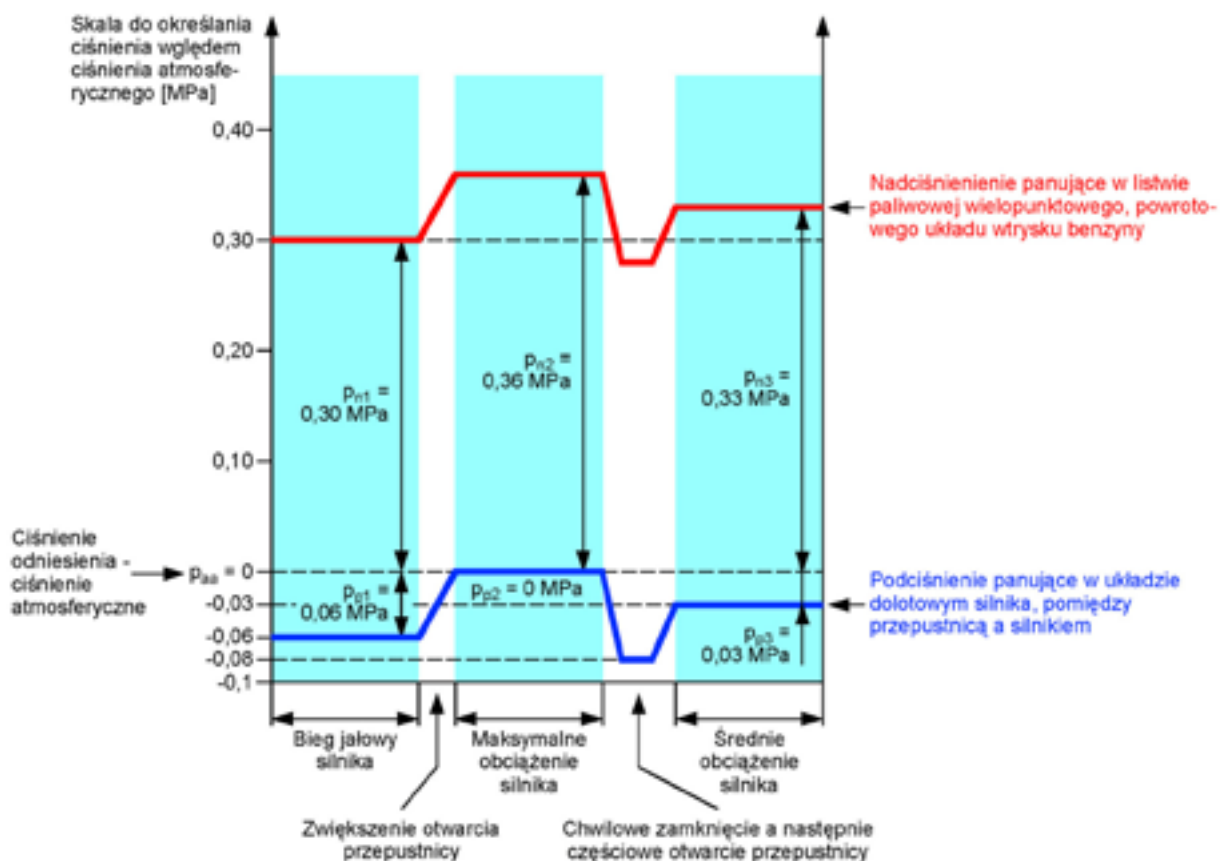
t_w - czasu wtrysku paliwa [s];

Q_{pp} - natężenie przepływu paliwa przez wtryskiwacz [m³/s];

Czas wtrysku paliwa t_w określa sterownik (1, rys.10), na podstawie wartości sygnałów wejściowych (2). Wartość czasu wtrysku paliwa t_w jest czasem trwania impulsu (3), wysłanego przez sterownik do wtryskiwacza (5). Jeśli wtryskiwacze są sprawne, czas wtrysku jest w przybliżeniu równy czasowi otwarcia wtryskiwacza. Jeśli wtryskiwacze nie są sprawne, różnice pomiędzy oboma czasami mogą być znaczne, a przy krótkich czasach wtrysku, np. na biegu jałowym silnika, wtryskiwacz może się nawet „nie zdążyć” otworzyć.

Druga z wielkości, od której zależy objętość wtrysniętego paliwa, czyli natężenie przepływu paliwa przez wtryskiwacz Q_{pp} , zależy od różnicy ciśnień Δp , pomiędzy ciśnieniem paliwa p_{pal} w listwie paliwowej, a ciśnieniem powietrza p_{pow} panującym w przestrzeni wypełnionej powietrzem, do której wtryskiwane jest paliwo, co opisuje wzór:

$$\Delta p = p_{pal} - p_{pow}$$



Rys.11 Zadaniem regulatora ciśnienia paliwa powrotnego wielopunktowego układu wtrysku benzyny, zamontowanego w listwie paliwowej, jest utrzymanie stałej wartości różnicy ciśnień, pomiędzy ciśnieniem (nadciśnieniem) paliwa w listwie paliwowej (p_{p1} , p_{p2} i p_{p3}) a ciśnieniem powietrza panującym w kolektorze dolotowym, pomiędzy przepustnicą a silnikiem (p_{p1}' , p_{p2}' i p_{p3}' - na rysunku podane jako podciśnienie), w każdym stanie pracy silnika. Wartość różnicy ciśnień, pomiędzy ciśnieniem paliwa w listwie paliwowej, a ciśnieniem powietrza panującym w kolektorze dolotowym, pomiędzy przepustnicą a silnikiem jest sumą wartości nadciśnienia paliwa w listwie paliwowej i podciśnienia panującego w kolektorze dolotowym (do obliczeń, wartość podciśnienia przyjmujemy ze znakiem dodatnim).

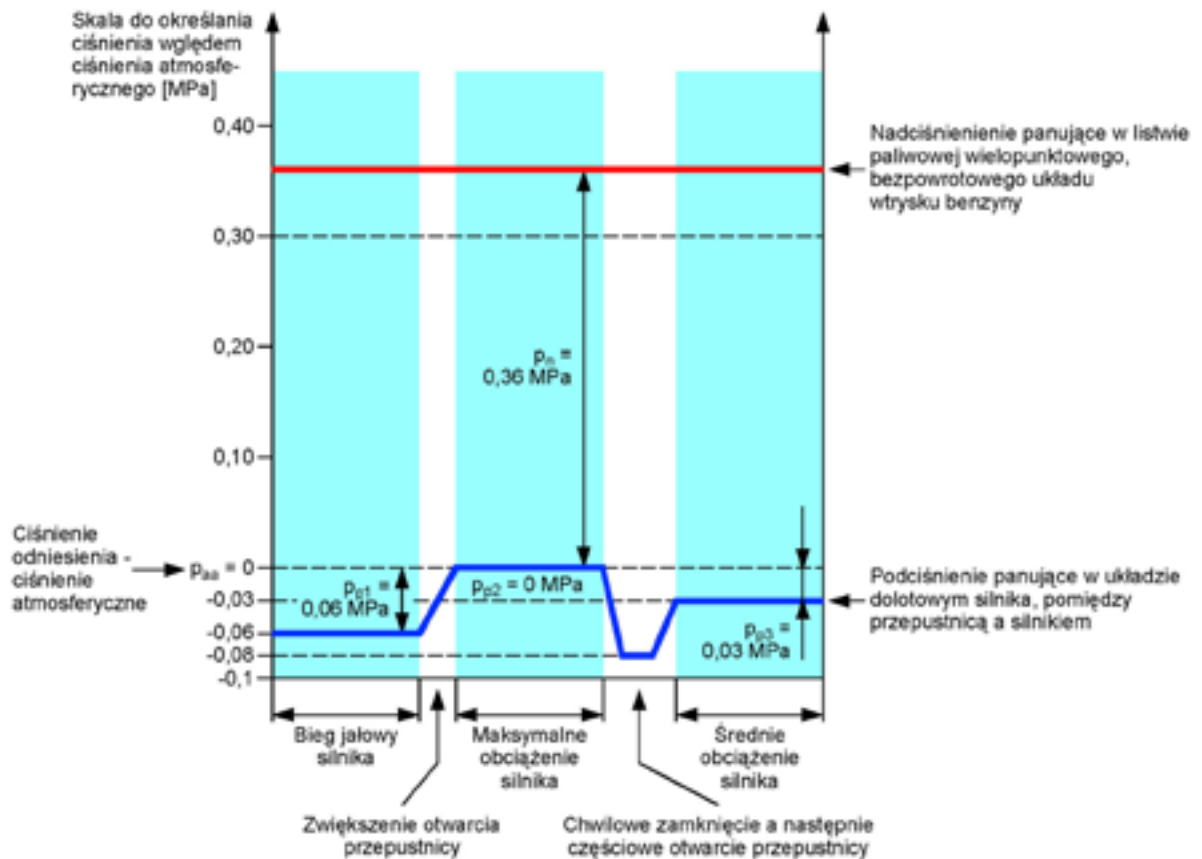
Aby je obliczyć, najwygodniej jest posługiwać się wartościami ciśnień w skali bezwzględnej, czyli odniesionej do ciśnienia otoczenia. Wartość różnicy ciśnień Δ_p jest:

- stała, w układach wtrysku pośredniego jednopunktowego - regulator ciśnienia paliwa utrzymuje stałą wartość ciśnienia paliwa p_{pal} zasilającego wtryskiwacz, a ciśnienie powietrza p_{pow} w przestrzeni przed przepustnicą, do której następuje wtrysk paliwa, ma wartość praktycznie stałą.
- stała, w układach wtrysku pośredniego wielopunktowego powrotnego oraz w układach wtrysku bezpośredniego - regulator ciśnienia paliwa utrzymuje stałą wartość różnicy ciśnienia paliwa p_{pal} zasilającego wtryskiwacz, w stosunku do ciśnienia powietrza p_{pow} w przestrzeni kolektora dolotowego, pomiędzy przepustnicą a zaworem dolotowym (w układzie wtrysku pośredniego wielopunktowego) - patrz rys.11, lub w przestrzeni komory spalania (w układzie wtrysku bezpośredniego);
- zmienna, w układach wtrysku wielopunktowego bezpowrotnego - regulator ciśnienia paliwa utrzymuje stałą wartość ciśnienia paliwa p_{pal} zasilającego wtryskiwacz, a ciśnienie powietrza p_{pow} w przestrzeni kolektora dolotowego, pomiędzy przepustnicą a zaworem dolotowym, zmienia się - patrz rys.12.

Wartość różnicy ciśnień Δ_p zależy w każdym typie układu od ciśnienia paliwa w listwie paliwowej p_{pal} . Jest ono cechą konstrukcyjną każdego układu wtrysku paliwa. Za uzyskanie określonych, założonych przez konstruktora układu wartości ciśnienia paliwa, odpowiedzialny jest regulator ciśnienia paliwa. Masy dawek paliwa, wtryskiwane w poszczególnych warunkach pracy silnika, są określone pośrednio, przez określenie wartości czasu wtrysku (zapisane w pamięci sterownika), przy założeniu, że ciśnienie paliwa w listwie paliwowej ma w danych warunkach pracy silnika wartość założoną przez konstruktorów układu wtryskowego.

Drużga z cech charakterystycznych układu paliwowego, czyli natężenie tłoczenia pompy paliwa Q_{pal}' przy określonej wartości ciśnienia paliwa, gwarantuje, że ilość tłoczonego paliwa pokryje zapotrzebowanie silnika na nie. W pośrednich wielopunktowych powrotnych układach wtryskowych (rys.7a) ilość tłoczonego paliwa zapewnia ponadto niezbędną wymianę paliwa w listwie paliwowej, aby jego temperatura nie wzrosła nadmiernie.

Masa dawki wtrysniętego paliwa zależy również od temperatury paliwa T_{pal} w listwie paliwowej. Jej wzrost ponad wartość konieczną dla zapewnienia prawidłowego procesu parowania paliwa:



Rys.12 W wielopunktowym bezpowrotowym układzie wtrysku benzyny, mechaniczny regulator ciśnienia paliwa utrzymuje stałą wartość ciśnienia paliwa w listwie paliwowej. Dlatego wartość różnicy ciśnień, pomiędzy ciśnieniem paliwa w listwie paliwowej (p_{01} , p_{02} i p_{03}) a ciśnieniem powietrza panującym w kolektorze dolotowym, pomiędzy przepustnicą a silnikiem (p_{aa} - na rysunku podane jako podciśnienie), w różnych stanach pracy silnika, nie jest wartością stałą. Wartość różnicy ciśnień, pomiędzy ciśnieniem paliwa w listwie paliwowej, a ciśnieniem powietrza panującym w kolektorze dolotowym, pomiędzy przepustnicą a silnikiem jest sumą wartości nadciśnienia paliwa w listwie paliwowej i podciśnienia panującego w kolektorze dolotowym (do obliczeń, wartość podciśnienia przyjmujemy ze znakiem dodatnim).

- zmniejsza gęstość paliwa, a więc również masę wtryskiwanego paliwa;
- zwiększa skłonność paliwa do spalania stukowego;
- może spowodować wrzenie lżejszych frakcji benzyny.

Wzrost temperatury paliwa w listwie paliwowej może nastąpić wskutek:

- przegrzewania silnika;
- za wysokiej temperatury w komorze silnika, wskutek nieprawidłowego przepływu powietrza przez komorę silnika (przesłonięcia wlotów powietrza, brak osłon w komorze silnika).

Objętość, a więc i masa wtrysniętego paliwa, oraz jakość rozpylenia paliwa, zależą w dużym stopniu od sprawności wtryskiwacza, pod względem:

- elektrycznym - cewka wtryskiwacza musi zapewnić powstanie pola magnetycznego, które w wymaganym czasie jest w stanie unieść iglicę wtryskiwacza.
- mechanicznym:
 - zanieczyszczenia wtryskiwacza nie mogą hamować ruchu podnoszenia i opuszczania iglicy wtryskiwacza;
 - sprężyna wtryskiwacza musi w wymaganym czasie

- opuścić iglicę wtryskiwacza, czyli zamknąć wypływ paliwa z wtryskiwacza wtryskiwacz;
- hydraulicznym - zanieczyszczenia nie mogą:
 - nadmiernie zwiększać oporów przepływu paliwa przez wtryskiwacz
 - zmieniać kształtu, kierunku strugi paliwa oraz zwiększać średnicy jego kropeł.

Zmiany składu mieszanki, powodowane zmianą masy wtryskiwanego paliwa, jeśli nie są za duże, są korygowane przez układ regulacji składu mieszanki, ale tylko w stanach pracy silnika, w których układ ten pracuje - jest to tzw. korekcja chwilowa. Ponieważ w następujących stanach pracy silnika:

- rozruch;
 - nagrzewanie (do osiągnięcia określonej temperatury silnika, lub przez określony czas od chwili rozruchu silnika);
 - silne przyspieszanie;
 - jazda z wysokimi prędkościami (powyżej ok. $\frac{3}{4}$ prędkości maksymalnej), a więc przy dużym obciążeniu silnika;
- układ regulacji składu mieszanki nie pracuje, więc nie ma możliwości chwilowej korekcji czasu wtrysku, celem uzyskania mieszanki o wymaganym w danej chwili składzie.

Czas wtrysku, również w tych stanach pracy, jest jednak korygowany, przez funkcję programu sterownika, o nazwie adaptacja czasu wtrysku. W stanach pracy silnika, w których możliwa jest chwilowa korekta czasu wtrysku przez układ regulacji składu mieszanki, program sterownika określa wartości korekty czasu wtrysku, dla różnych warunków pracy silnika, wynikające przykładowo z:

- zużycia silnika lub elementów jego układów;
- zanieczyszczenie elementów układów, np. filtra powietrza;
- zanieczyszczenia wtryskiwaczy;
- drobnych niesprawności elementów układu wtryskowego, innych układów lub silnika;

Nieprawidłowa masa wtryskiwanego paliwa, powodując zmianę składu mieszanki, może powodować:

- trudności w uruchomieniu silnika;
- wzrost zużycia paliwa;
- nierówną pracę silnika, drgania;
- obniżenie momentu obrotowego silnika.

2.6. Diagnostyka powrotowego układu paliwowego, wielopunktowego układu wtrysku benzyny silnika ZI

2.6.1. Narzędzia pomiarowe oraz pomocnicze

Jak już wiemy, objętość wtrysniętego paliwa zależy przede wszystkim od różnicy ciśnienia Δp_r , pod wpływem której paliwo przepływa przez wtryskiwacz (rys.10), a więc głównie od ciśnienia paliwa w listwie paliwowej. Tymczasem zdecydowana większość pośrednich układów wtrysku benzyny nie posiada czujnika ciśnienia paliwa zasilającego wtryskiwacza, a więc sterownik nie zna jego aktualnej wartości. System diagnostyczny sterownika nie jest również w stanie wykryć uszkodzeń typu hydraulicznego w układzie paliwowym (nieuszczelności, wzrost oporów przepływu paliwa przez wtryskiwacze). Ma też trudności z wykryciem uszkodzeń typu elektrycznego wtryskiwaczy, jeśli nie jest ono jednoznaczne np. przerwanie obwodu cewki wtryskiwacza, a jest to tylko jej przebiecie.

Zadaniem dla diagnosty jest więc:

1. pomiar napięcia zasilającego pompę paliwową;
2. pomiar wartości ciśnienia paliwa w listwie paliwowej;
3. pomiar wartości natężenia tłoczenia paliwa pompy paliwa;
4. kontrola szczelności układu paliwowego;
5. kontrola sprawności wtryskiwaczy.

Jeśli zostaną wykryte nieprawidłowości, to kolejnym krokiem jest ich usunięcie. Wykonanie pomiarów i czynności kontrolnych, wymienionych w punktach 1, 2, 3 i 4, w układach paliwowych pośrednich, wielopunktowych, powrotowych układów wtryskowych benzyny, jest opisane w podrozdziałach od 2.6.1. do 2.6.8.



Rys.13 Przykład zestawu do pomiaru ciśnień paliwa w układach paliwowych układów wtryskowych. Na zdjęciu zestaw krajowej produkcji, o nazwie Jetronik SK, firmy HP. (Źródło: HP)

Niezbędne do ich wykonania są wymienione poniżej narzędzia pomiarowe oraz pomocnicze:

- manometr wraz z zaworem odcinającym, do pomiaru ciśnień w układach paliwowych;
- wakuometr z trójnikiem do pomiaru podciśnień w kolektorze dolotowym;
- przewód paliwowy o średnicy odpowiedniej dla króćca regulatora ciśnienia paliwa, z którego paliwo odpływa do zbiornika;
- butelka z naniesioną skalą objętości.
- zegarek z sekundnikiem lub stoper.
- przewód serwisowy, do zdalnego włączania pompy paliwowej.

Każdy serwis, który naprawia układy wtrysku benzyny, musi posiadać zestaw do pomiaru ciśnień w układach wtrysku paliwa. Przykładowy zestaw pokazuje rys.13. Wybierając taki zestaw wśród ofert producentów, należy zwrócić uwagę, czy obejmuje on lub można dokupić:

- manometr o zakresie pomiarowym od 0 do 10 at (dla układów wtryskowych pośrednich wielopunktowych);
- manometr o zakresie pomiarowym od 0 do 2,5 at (dla układów wtryskowych pośrednich jednopunktowych);
- końcówki przyłączeniowe, do króćców listew paliwowych z szybkozłączką, które służą do przyłączania manometrów (są one stosowane w wielu produkowanych samochodach);

- rotometr do pomiaru objętościowego natężenia przepływu paliwa (jednostki np. m³/s), tłoczonego przez pompę paliwa do listwy paliwowej (pomiar wydajności tłoczenia pompy paliwa).

Wymieniony w punkcie 6 przewód serwisowy, umożliwia zdalne włączenie pompy paliwa, gdy diagnosta przebywa np. pod samochodem stojącym na podnośniku, a nie może liczyć na czyjąś pomoc. Jest to dostatecznie długi przewód, z wyłącznikiem. Po wyjęciu przełącznika pompy paliwa, przyłączamy go tak do styków wtyczki przełącznika, aby po zamknięciu przełącznika pompa paliwa włączyła się.

2.6.2. Pomiar 1: pomiar napięcia zasilania na zaciskach pompy paliwowej

Cel pomiaru

Napięcie i natężenie prądu zasilającego elektryczną pompę paliwa, ma decydujący wpływ na ciśnienie tłoczonego paliwa i wydajność pompy paliwowej. Moc potrzebna do pracy pompy wyraża się iloczynem ciśnienia tłoczenia i wydajności pompy. Moc elektryczna, pobierana z instalacji elektrycznej, wyraża się iloczynem napięcia i prądu. Jeśli wskutek rozładowania (nawet częściowego) lub zużycia akumulatora, względnie nadmiernych oporów elektrycznych w przewodzie zasilającym pompę, wymienione parametry prądu zasilającego pompę nie są dotrzymane, to mogą wystąpić trudności w uruchomieniu silnika lub może ono nie nastąpić (szczególnie przy niskich temperaturach otoczenia).

Pomiary ciśnień w układzie paliwowym, też powinny być przeprowadzane tylko przy takim stanie akumulatora, który gwarantuje osiągnięcie wymaganej wartości napięcia zasilającego.

Narzędzia pomiarowe

Do przeprowadzenia pomiaru potrzebne będą:

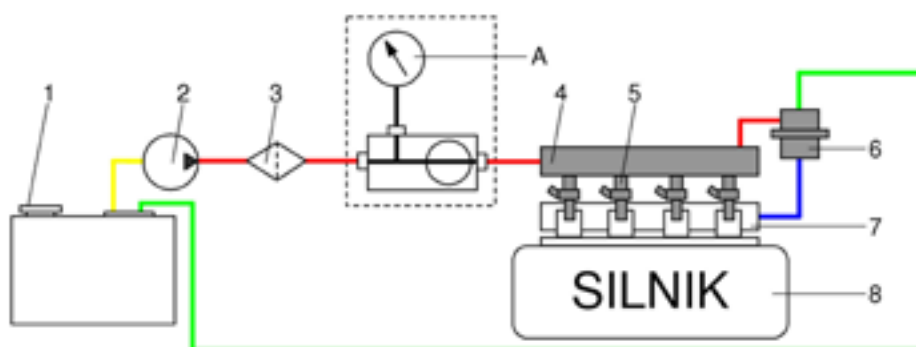
- woltomierz,
- przewód serwisowy do uruchomienia pompy paliwowej.

Przeprowadzenie i ocena wyników pomiaru

1. Proszę przyłączyć woltomierz do zacisków elektrycznych pompy paliwa.
2. Proszę wyjąć przełącznik pompy paliwa a zaciski gniazda przełącznika (najprawdopodobniej 30 i 87) połączyć przewodem serwisowym.
3. Proszę uruchomić pompę paliwową.
4. Proszę chwilę odczekać, aż wartość napięcia się ustabilizuje i proszę odczytać wartość napięcia.

Zmierzone napięcie nie powinno być niższe niż 11,5 do 12 V. Jeśli zmierzone wartości są za niskie, to należy powtórzyć ten sam pomiar na zaciskach akumulatora. Jeśli uzyskane wyniki są zbliżone, to oznacza, że akumulator jest nadmiernie rozładowany. Jeśli wartości napięcia zmierzone na akumulatorze są wyraźnie wyższe (prawidłowe), to znaczy, że występują za duże straty napięcia w przewodzie zasilającym pompę wtryskową, czyli są nadmierne opory przepływu.

Jeśli zmierzona w pkt 4 wartość napięcia jest prawidłowa, ale przypuszczamy, że podczas rozruchu silnika rozrusznikiem występuje zbyt duży spadek napięcia na akumulatorze (wskutek nadmiernego rozładowania), który powoduje, że napięcie na zaciskach elektrycznej pompy paliwowej jest zbyt niskie (co utrudnia rozruch), to można powtórzyć pomiar napięcia na zaciskach pompy, ale przy pracującym rozruszniku. Również w tym wypadku, jeśli zmierzone wartości napięcia są za niskie można dla całkowitej pewności powtórzyć pomiar bezpośrednio na zaciskach akumulatora. Zbyt niska wartość napięcia, zmierzona również przy tym pomiarze, upewnia nas, że przyczyną kłopotów z uruchamianiem silnika jest nadmiernie rozładowany akumulator.



Legenda - przewody paliwowe i pneumatyczne:

- Przewód ssawny pompy paliwa
- Przewód tłoczny pompy paliwa
- Przewód powrotny paliwa do zbiornika
- Przewód podciśnieniowy, łączący kolektor dolotowy i regulator ciśnienia paliwa

Rys.14 Schemat układu paliwowego pośredniego, wielopunktowego, powrotowego układu wtryskowego, przygotowanego do wykonania pomiaru nr 2. Elementy układu paliwowego: 1 - zbiornik paliwa (w zbiorniku jest jeszcze niepokazany wstępny filtr ssawny); 2 - elektryczna pompa paliwa; 3 - dokładny filtr paliwa; 4 - listwa paliwowa zasilająca wtryskiwacze; 5 - wtryskiwacz; 6 - regulator ciśnienia paliwa; 7 - kolektor dolotowy; 8 - silnik. Narzędzia pomiarowe i pomocnicze pokazane na schemacie: A - manometr z zaworem odcinającym.

2.6.3. Pomiar 2: pomiar maksymalnego ciśnienia w układzie zasilania paliwem (dotyczy silnika wolnossącego)

Cel pomiaru

Maksymalne ciśnienie w układzie zasilania paliwem, jest to najwyższa wartość ciśnienia, która występuje podczas pracy układu. Pamiętając o zasadzie zachowania stałej różnicy ciśnień pomiędzy ciśnieniem paliwa w listwie paliwowej, a ciśnieniem bezwzględny panującym w kolektorze dolotowym, należy stwierdzić, że ciśnienie to występuje w sprawnym układzie paliwowym, gdy silnik pracuje z maksymalnymi obciążeniami. My dla wykonania pomiaru nie będziemy uruchamiać silnika, aby w kolektorze dolotowym panowało ciśnienie równe ciśnieniu atmosferycznemu (czyli podciśnienie = 0), co będzie równoznaczne sytuacji, gdy silnik pracuje z maksymalnym obciążeniem. Zostanie uruchomiona tylko pompa paliwowa.

Narzędzia pomiarowe i ich przyłączenie

Do przeprowadzenia pomiaru potrzebny będzie:

- manometr do pomiaru ciśnień paliwa (przy tym pomiarze nie będzie potrzebny zawór odcinający, więc można również użyć manometru nieposiadającego takiego zaworu),
- przewód paliwowy, o średnicy odpowiedniej dla króćca regulatora ciśnienia paliwa, z którego odpływa paliwo do zbiornika.

Układ paliwowy należy przygotować do pomiaru zgodnie ze schematem z rys.14. Ten pomiar można również wykonać manometrem przyłączonym do króćca przyłączeniowego z szybkozłączką, na listwie paliwowej.

Przeprowadzenie i ocena wyników pomiaru

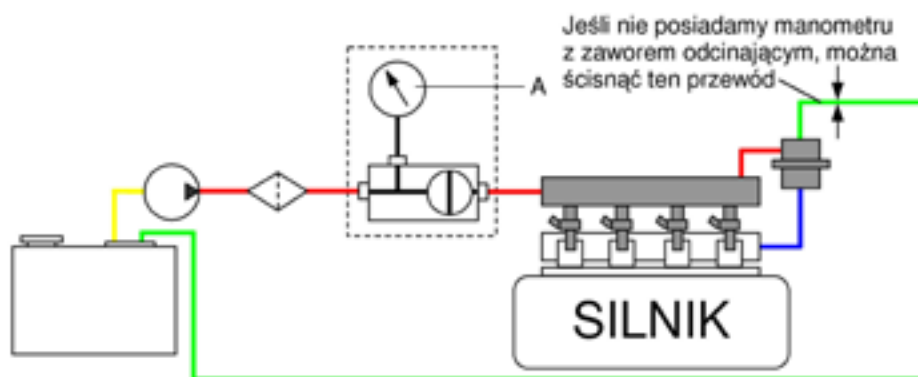
UWAGA - Warunkiem osiągnięcia prawidłowych wyników jest, aby napięcie prądu zasilającego pompę elektryczną miało prawidłową wartość.

1. Proszę przyłączyć manometr do układu wg schematu na rys.14. (zawór odcinający otwarty).
2. Proszę nie uruchamiać silnika.
3. Proszę wyjąć przełącznik pompy paliwa i zaciski gniazda przełącznika (najprawdopodobniej 30 i 87) proszę połączyć przewodem serwisowym i uruchomić pompę paliwową.
4. Proszę odczytać wartość ciśnienia pokazywaną przez manometr i porównać ją z wymaganym zakresem wartości dla danego układu.

Jeśli zmierzone ciśnienie jest za niskie to może być to spowodowane:

- uszkodzeniem zaworu przelewowego w pompie paliwa - dla sprawdzenia tej ewentualności należy wykonać pomiar maksymalnego ciśnienia tłoczenia pompy paliwowej (pomiar 3),
- uszkodzeniem regulatora ciśnienia paliwa,
- niektóre układy posiadają tłumik pulsacji ciśnienia, montowany pomiędzy pompą paliwa a listwą paliwową, jego uszkodzenie lub rozregulowanie (zasadniczo nie podlega on regulacji, choć w niektórych wykonaniach posiada śrubę regulacyjną) może również spowodować za niskie ciśnienie tłoczenia.

Jeśli zmierzone ciśnienie jest za wysokie to może być to spowodowane:



Legenda - przewody paliwowe i pneumatyczne:

- Przewód ssawny pompy paliwa
- Przewód tłoczny pompy paliwa
- Przewód powrotny paliwa do zbiornika
- Przewód podciśnieniowy, łączący kolektor dolotowy i regulator ciśnienia paliwa

Rys.15 Schemat układu paliwowego pośredniego, wielopunktowego, powrotnego układu wtryskowego, przygotowanego do wykonania pomiaru nr 3. Elementy układu paliwowego są opisane na rys.14. Narzędzia pomiarowe i pomocnicze pokazane na schemacie: A - manometr z zaworem odcinającym.

- uszkodzeniem regulatora ciśnienia paliwa,
- niedrożnym przewodem powrotnym paliwa z regulatora ciśnienia paliwa do zbiornika paliwa - jeśli chcemy to sprawdzić to należy wykonać czynności opisane w pkt 7,
- jeśli dany układ posiada tłumik pulsacji ciśnienia, montowany na przewodzie powrotnym paliwa z regulatora ciśnienia paliwa do zbiornika paliwa, to jego niesprawność może również spowodować wzrost ciśnienia paliwa - tę przyczynę można również wyeliminować wykonując czynności opisane w pkt 7,
- jeśli dany układ posiada tłumik pulsacji ciśnienia, montowany pomiędzy pompą paliwa a listwą paliwową, jego uszkodzenie lub rozregulowanie (zasadniczo nie podlega on regulacji, choć w niektórych wykonaniach posiada śrubę regulacyjną) może również spowodować wzrost ciśnienia tłoczenia.

Jeśli chcemy sprawdzić czy przyczyną zbyt wysokiego ciśnienia jest nie drożny przewód paliwa, łączący regulator ciśnienia paliwa i zbiornik paliwa, należy:

1. wyłączyć elektryczną pompę paliwa,
2. zdjąć przewód powrotny paliwa z króćca regulatora ciśnienia paliwa (zielony przewód na schemacie),
3. założyć na króciec regulatora ciśnienia paliwa przewód paliwowy a drugi jego koniec umieścić w butelce do zbierania paliwa (o pojemności min. ok. 1 l),
4. uruchomić pompę paliwa,
5. odczytać wartość ciśnienia pokazywaną przez manometr i ocenić wyniki:
 - jeśli maksymalne zmierzone ciśnienie osiągnęło wymaganą wartość, to oznacza, że przyczyną jest niedrożny przewód powrotny paliwa z regulatora ciśnienia paliwa do zbiornika lub tłumik pulsacji ciśnienia, jeśli w tej wersji układu jest zamontowany na tym przewodzie,
 - jeśli maksymalne zmierzone ciśnienie nie osiągnęło wymaganej wartości, (jest za duże) to oznacza, że należy szukać przyczyny na odcinku pomiędzy pompą paliwa a regulatorem ciśnienia paliwa.

2.6.4. Pomiar 3: pomiar maksymalnego ciśnienia tłoczenia pompy paliwa

Cel pomiaru

Maksymalne ciśnienie tłoczenia pompy jest to maksymalne ciśnienie, które może wytworzyć pompa paliwa. Jeśli pompa posiada zawór przelewowy zamontowany w pompie paliwa (jest on w pompach typu wyporowego lub inaczej hydrostatycznego), to wartość maksymalnego ciśnienia tłoczenia pompy, jest ograniczona tylko wartością ciśnienia, przy której otwiera się zawór przelewowy.

Wartość tego ciśnienia powinna być podana w danych technicznych układu wtryskowego lub pompy paliwa. Jeśli brak takich danych, to można przyjąć, że maksymalne ciśnienie tłoczenia pompy powinno być większe od maksymalnego ciśnienia w układzie zasilania paliwem o 2 do 6 at. Podczas

normalnej pracy układu, ciśnienie benzyny w prawidłowo pracującym układzie, nie osiąga nigdy wartości zbliżonych do maksymalnego ciśnienia tłoczenia.

UWAGA - Firma Pierburg nie zaleca wykonywania tego pomiaru w samochodach eksploatowanych, szczególnie o znacznym przebiegu, jeśli nie jest to konieczne. Powodem tego zastrzeżenia jest to, że grzybek zaworu bezpieczeństwa, po okresie pracy pompy paliwa, jest pokryty osadami (im okres pracy dłuższy, tym osadów jest więcej). Mogą one spowodować, że po uniesieniu grzybka zaworu bezpieczeństwa, w chwili otwarcia, a następnie po jego opuszczeniu, w chwili zamknięcia zaworu, grzybek zaworu nie osiadzie szczelnie w gnieździe, a więc pozostanie nieszczelny.

Narzędzia pomiarowe i ich przyłączenie

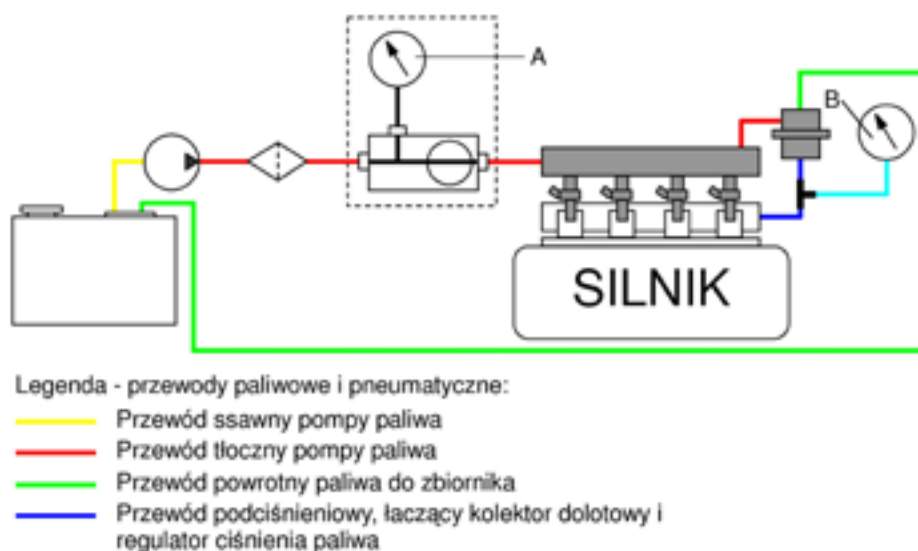
Do przeprowadzenia pomiaru potrzebny będzie manometr do pomiaru ciśnień paliwa z zaworem odcinającym. Układ paliwowy należy przygotować do pomiaru, zgodnie ze schematem z rys.15.

Ten pomiar można również wykonać manometrem przyłączonym do króćca przyłączeniowego z szybkozłączką, na listwie paliwowej. Ponieważ wówczas nie ma możliwości przyłączenia zaworu odcinającego, należy na czas pomiaru ścisnąć przewód powrotny paliwa.

Przeprowadzenie i ocena wyników pomiaru

UWAGA - Warunkiem osiągnięcia prawidłowych wyników jest, aby napięcie prądu zasilającego pompę elektryczną miało prawidłową wartość.

1. Proszę przyłączyć manometr A wraz z zaworem odcinającym do układu paliwowego tak jak pokazano to na schemacie.
2. Proszę zamknąć zawór odcinający. W przypadku, gdy nie dysponujemy manometrem z zaworem odcinającym, ten sam efekt można uzyskać ścisnąc przewód powrotny paliwa od regulatora ciśnienia paliwa do zbiornika paliwa
3. Proszę nie uruchamiać silnika.
4. Proszę wyjąć przełącznik pompy paliwa i zaciski gniazda przełącznika (najprawdopodobniej 30 i 87) połączyć przewodem serwisowym i uruchomić pompę paliwową.
5. Proszę odczytać wartość wskazywaną przez manometr i porównać je z danymi producenta lub przy ich braku sprawdzić czy jest ono wyższe od maksymalnego ciśnienia w układzie zasilania paliwem o 2 do 6 at.
 - Jeśli wartość maksymalnego ciśnienia tłoczenia jest prawidłowa to oznacza, że winę za brak odpowiedniego ciśnienia w układzie wtryskowym ponosi inny element układu - najprawdopodobniej regulator ciśnienia paliwa.
 - Jeśli wartość maksymalnego ciśnienia tłoczenia jest za niska to oznacza uszkodzenie pompy - najprawdopodobniej zaworu przelewowego (bezpieczeństwa) pompy. Teoretycznie przyczyną może być również przytkanie odcinka przewodu dolotowego pompy.



Rys.16 Schemat układu paliwowego pośredniego, wielopunktowego, powrotnego układu wtryskowego, przygotowanego do wykonania pomiaru nr 4. Elementy układu paliwowego są opisane na rys.14. Narzędzia pomiarowe i pomocnicze pokazane na schemacie: A - manometr z zaworem odcinającym; B - wakuometr z trójnikiem do pomiaru podciśnień kolektorze dolotowym.

2.6.5. Pomiar 4: pomiar ciśnienia w układzie zasilania paliwem przy silniku pracującym na biegu jałowym

Cel pomiaru

Celem pomiaru 2 było stwierdzenie czy maksymalne ciśnienie w układzie zasilania paliwem jest prawidłowe. Jak już wspomniałem, podczas normalnej pracy układu, występuje ono, gdy silnik pracuje z maksymalnymi obciążeniami, czyli gdy ciśnienie panujące w kolektorze dolotowym jest zbliżone do ciśnienia atmosferycznego (czyli podciśnienie ≈ 0). Jeśli silnik pracuje na biegu jałowym to ciśnienie bezwzględne panujące w kolektorze dolotowym wynosi ok. 0,3 do 0,5 at (czyli podciśnienie wynosi od 0,5 do 0,7 at). Pamiętając o zasadzie zachowania stałej różnicy ciśnień pomiędzy ciśnieniem paliwa w listwie paliwowej (równym oczywiście określonemu przez nas ciśnieniu w układzie zasilania paliwem) a ciśnieniem bezwzględnym panującym w kolektorze dolotowym, należy stwierdzić, że dla silnika pracującego na biegu jałowym, regulator ciśnienia paliwa powinien obniżyć ciśnienie w układzie zasilania paliwem o 0,5 do 0,7 at w stosunku do zmierzonego w pomiarze 2 maksymalnego ciśnienia w układzie paliwowym. Ten pomiar ma za zadanie sprawdzenie pracy regulatora ciśnienia paliwa.

Narzędzia pomiarowe i ich przyłączenie

Do przeprowadzenia pomiaru potrzebne będą:

- manometr do pomiaru ciśnień paliwa (nie musi posiadać zaworu odcinającego),
- wakuometr do pomiaru podciśnienia z trójnikiem i przewodem pneumatycznym, który umożliwi przyłączenie wakuometru do przewodu podciśnieniowego łączącego kolektor dolotowy i regulator ciśnienia paliwa (jeśli uznamy taki pomiar za niezbędny).

Układ paliwowy należy przygotować do pomiaru zgodnie ze schematem z rys.16. Ten pomiar można również wykonać manometrem przyłączonym do króćca przyłączeniowego z szybkozłączką, na listwie paliwowej.

Przeprowadzenie i ocena wyników pomiaru

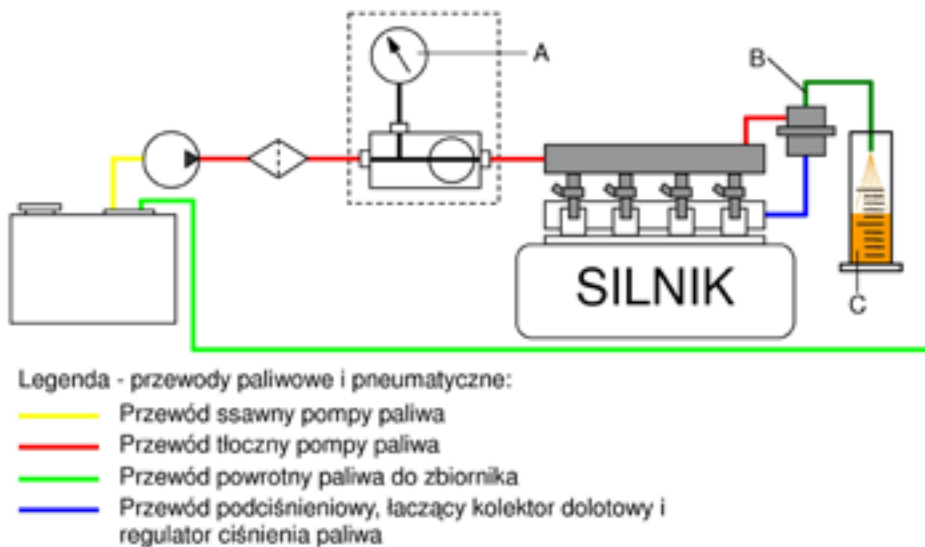
1. Proszę przyłączyć manometr A wraz z zaworem odcinającym do układu paliwowego tak jak pokazano to na schemacie (zawór odcinający otwarty).
2. Jeśli był wcześniej wyjmowany przekaźnik sterujący pompą paliwa to proszę go ponownie zamontować
3. Proszę uruchomić silnik i pozostawić go pracującego na biegu jałowym.
4. Po ustabilizowaniu się wartości ciśnienia proszę wykonać odczyt. Wartość zmierzona w tym pomiarze powinna mieścić się w zakresie podanym przez producenta. Jeśli brak informacji, to należy przyjąć, że zmierzona wartość powinna być niższa o ok. 0,5 do 0,7 at od maksymalnego ciśnienia w układzie zasilania paliwem, zmierzonego w pomiarze 2.

Jeśli ten wynik nie został osiągnięty to:

- uszkodzony jest regulator ciśnienia paliwa,
- w układzie dolotowym silnika nie jest osiągnięta wymagana wartość podciśnienia (proszę wykonać czynności opisane w pkt 6 i 7),

Jeśli nie nastąpiło obniżenie ciśnienia o wymaganą wartość, to może być to spowodowane zbyt niską wartością podciśnienia występującą w kolektorze dolotowym. Zbyt niskie ciśnienie może być spowodowane:

- niewłaściwą prędkością obrotową biegu jałowego silnika,
- nieszczelnością kolektora dolotowego lub jego uszczelkę,
- nieszczelnością przewodów podciśnieniowych dochodzą-



Rys.17 Schemat układu paliwowego pośredniego, wielopunktowego, powrotowego układu wtryskowego, przygotowanego do wykonania pomiaru nr 5. Elementy układu paliwowego są opisane na rys.14. Narzędzia pomiarowe i pomocnicze pokazane na schemacie: A - manometr z zaworem odcinającym; B - przewód paliwowy, do odprowadzania paliwa do butli pomiarowej; C - butla pomiarowa.

cych do kolektora dolotowego, a w szczególności przewodu łączącego kolektor i regulator ciśnienia paliwa.

Należy wówczas wyłączyć silnik i za pomocą trójnika przyłączyć wakuometr B, do pomiaru podciśnienia, do przewodu pneumatycznego łączącego kolektor dolotowy i regulator ciśnienia. Proszę uruchomić ponownie silnik i pozostawić pracujący na biegu jałowym. Mierzona przez wakuometr wartość podciśnienia dla silnika nagrzanego, znajdującego się w dobrym stanie technicznym powinna wynosić od 0,5 do 0,7 at. Jeśli jest pokazywana inna wartość, to jest ona nieprawidłowa. Jeśli pomimo nieprawidłowej wartości podciśnienia, obniżenie mierzonej wartości ciśnienia paliwa, w stosunku do maksymalnej wartości ciśnienia w układzie zasilania paliwem (zmierzonej w pomiarze 2), jest równe zmierzonej wartości podciśnienia, to oznacza, że regulator ciśnienia paliwa pracuje prawidłowo, a należy natomiast szukać przyczyny braku odpowiedniej wartości podciśnienia.

2.6.6. Pomiar 5: pomiar wydajności tłoczenia pompy paliwa

Cel pomiaru

Jeśli mamy podejrzenia, że elektryczna pompa paliwowa ma zbyt małą wydajność, to należy przeprowadzić kontrolę wydajności pompy. Wydajność elektrycznych pomp paliwowych wynosi od 70 do 100 l/godz. Tak duża wydajność nie wynika z takiego zużycia paliwa przez silnik, ale jest podyktowana koniecznością chłodzenia elementów układu paliwowego przez intensywny przepływ paliwa. Nadmierny wzrost temperatury tych elementów prowadzi do gotowania się paliwa w przewodach, a w konsekwencji do powstawania korków parowych. Prowadzi to do przerywanej pracy silnika. Sygnałem wskazującym również na konieczność kon-

trolu wydajności pompy paliwa jest zbyt niskie maksymalne ciśnienie tłoczenia.

Generalną zasadą jest to, że pomiaru wydajności dokonuje się zawsze dla pompy pracującej przy określonym ciśnieniu tłoczenia. Tu pompa musi pracować w zakresie ciśnień, które występują w instalacji paliwowej.

Narzędzia pomiarowe i ich przyłączenie

Do przeprowadzenia pomiaru potrzebny będzie:

- manometr do pomiaru ciśnień paliwa (nie musi posiadać zaworu odcinającego),
- woltomierz,
- przewód paliwowy o średnicy odpowiedniej dla króćca regulatora ciśnienia paliwa, z którego odpływa paliwo do zbiornika.
- butla pomiarowa do zebrania paliwa o pojemności min 1 l (przy czasie pomiaru 15 s) lub 2 l (przy czasie pomiaru 30 s). zegarek z sekundnikiem lub stoper.

Układ paliwowy należy przygotować do pomiaru zgodnie ze schematem z rys.17. Ten pomiar można również wykonać manometrem przyłączonym do króćca przyłączeniowego z szybkozłączką, na listwie paliwowej.

Przeprowadzenie i ocena wyników pomiaru

Firmy mają różne wymagania odnośnie techniki wykonywania pomiaru. Niektórzy chcą, aby pomiar wykonywać przy unieruchomionym silniku, a włączonej tylko pompy paliwa (jak zwykle przez z bocznikowanie przewodem serwisowym przełącznika pompy paliwa). Inne firmy dopuszczają pomiar przy silniku pracującym na biegu jałowym. Ponieważ zużycie paliwa przez silnik pracujący na biegu jałowym jest minimalne, tak więc właściwie nie ma tu istotnych różnic w pomiarze. Pomiar musi być wykonany przy pompie

przyłączonej do układu i zamontowanym manometrze dla sprawdzenia wartości ciśnienia tłoczenia. Ciśnienie to zależy od wybranej metody musi być odpowiednie:

- równe maksymalnemu ciśnieniu w układzie paliwowym - dla pomiaru przy niepracującym silniku,
- równe ciśnieniu paliwa dla silnika pracującego na biegu jałowym (dla przypomnienia - mniejszemu od maksymalnego o 0,5 do 0,7 at.)

Jeśli wykonywany jest pomiar przy niepracującym silniku, to napięcie prądu zasilającego pompę musi mieć odpowiednią wartość. Niektórzy producenci podają charakterystykę wydajności pompy w zależności od wartości napięcia zasilania. Wtedy przy ocenie, należy odczytać z wykresu, jaka przy danym napięciu powinna być wydajność pompy.

Ponadto należy zwrócić uwagę w danych, do jakiego czasu pomiaru -15 lub 30 s - jest odniesiona wydajność pompy. Wykonanie pomiaru, zależnie od przyjętego wariantu pomiaru, przebiega w sposób opisany poniżej.

1. Proszę przyłączyć manometr A wraz z zaworem odcinającym do układu paliwowego tak jak pokazano to na schemacie (do wykonania tego pomiaru nie jest konieczny zawór odcinający).
2. Proszę zdjąć z regulatora ciśnienia paliwa przewód powrotny do zbiornika i przyłączyć przewód paliwowy B. Koniec przewodu zanurzyć proszę do butelki z nanieśioną skalą pojemności.

Jeśli będzie uruchamiana tylko pompa paliwa, a wcześniej nie było mierzone napięcia prądu zasilającego pompę, to należy do zacisków pompy przyłączyć woltomierz, aby móc wykonać pomiar napięcia zasilania przy pracującej pompie. Jeśli będzie uruchamiana tylko pompa paliwa, to proszę

wyjąć przełącznik pompy paliwa i zaciski gniazda przełącznika (najprawdopodobniej 30 i 87) połączyć przewodem serwisowym.

Zależnie od przyjętego wariantu pomiaru, należy:

- uruchomić silnik na biegu jałowym na okres 15 lub 30 s,
- włączyć pompę paliwową na okres 15 lub 30 s.

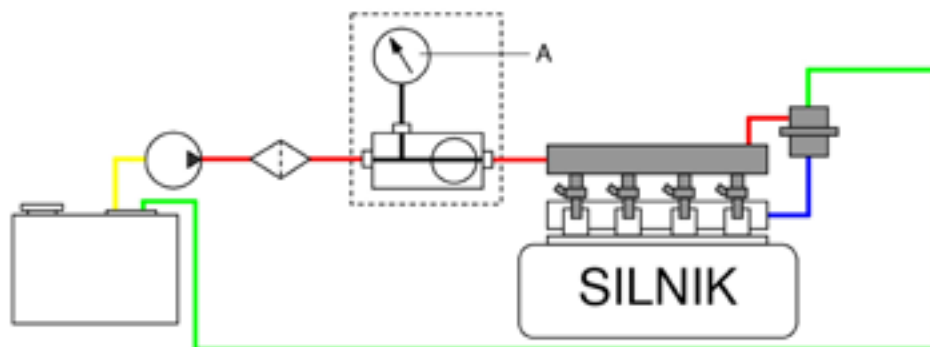
W obu przypadkach należy sprawdzić ciśnienie panujące w układzie paliwowym i jeśli nie zostało do uczynione podczas oddzielnego pomiaru, porównać zmierzoną wartość, z wartością wymaganą dla danych warunków pracy (proszę zobaczyć komentarz na wstępie do tego punktu).

Proszę porównać zmierzoną wydajność pompy, z wartością wymaganą przez producenta. Zbyt niska wydajność pompy kwalifikuje ją do wymiany.

2.6.7. Pomiar 6: kontrola szczelności układu paliwowego

Cel pomiaru

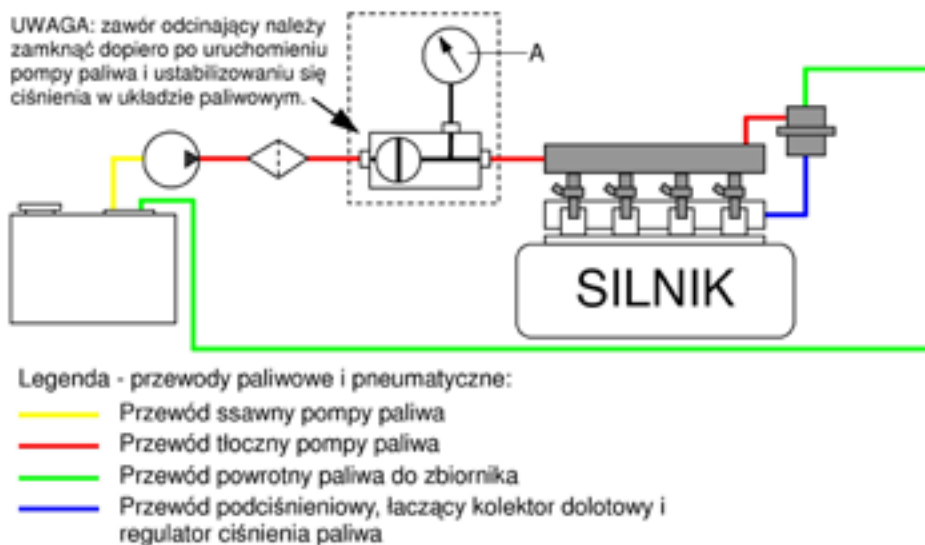
Po wyłączeniu silnika ustaje przepływ paliwa w układzie paliwowym a tym samym jego chłodzące działanie na elementy układu paliwowego. Sytuację dodatkowo pogarsza fakt, że przy nieporuszającym się samochodzie ustaje przepływ powietrza przez komorę silnika, a co za tym idzie ciepło oddawane przez gorące elementy silnika ogrzewa inne, chłodniejsze elementy osprzętu oraz ogrzewa powietrze wypełniające komorę silnika, co również powoduje wzrost temperatury wszystkich elementów zamontowanych w komorze silnika. Wzrost temperatury paliwa, może spowodować jego wrzenie, czyli powstanie pęcherzy gazowych w przewodach paliwowych, co przede wszystkim może



Legenda - przewody paliwowe i pneumatyczne:

- Przewód ssawny pompy paliwa
- Przewód tłoczny pompy paliwa
- Przewód powrotny paliwa do zbiornika
- Przewód podciśnieniowy, łączący kolektor dolotowy i regulator ciśnienia paliwa

Rys.18 Schemat układu paliwowego pośredniego, wielopunktowego, powrotnego układu wtryskowego, przygotowanego do wykonania pomiaru nr 6. Elementy układu paliwowego są opisane na rys.14. Narzędzia pomiarowe i pomocnicze pokazane na schemacie: A - manometr z zaworem odcinającym.



Rys.19 Schemat układu paliwowego pośredniego, wielopunktowego, powrotnego układu wtryskowego, przygotowanego do wykonania pomiaru nr 7. Elementy układu paliwowego są opisane na rys.14. Narzędzia pomiarowe i pomocnicze pokazane na schemacie: A - manometr z zaworem odcinającym.

poważnie utrudnić rozruch ciepłego silnika i sprawić, że również bezpośrednio po uruchomieniu jego praca nie będzie prawidłowa. Dla zapobieżenia temu zjawisku wykorzystuje się fakt, że podniesienie ciśnienia paliwa, powoduje wzrost jego temperatury wrzenia, do wartości, która gwarantuje, że przy dobrym jakościowo paliwie (łatwość wrzenia paliwa i skłonność do tworzenia korków parowych, zwanych po angielsku vapour-lock, jest jednym z parametrów jakościowych paliwa) nie zacznie ono „wrzeć” w przewodach i listwie paliwowej zasilającej wtryskiwacze - patrz rys.8. Dlatego też po wyłączeniu silnika przez określony czas w instalacji paliwowej, paliwo musi znajdować się pod ciśnieniem. Oczywiście po pewnym czasie ciśnienie to zmniejszy się do wartości równej ciśnieniu otoczenia, ale też i temperatura silnika i elementów wyposażenia komory silnika spadnie. Szybkość zmniejszania się ciśnienia paliwa w instalacji paliwowej, po wyłączeniu silnika, podlega kontroli. Jeśli szybkość ta jest zbyt duża, to jest to spowodowaną nieszczelnością instalacji paliwowej lub jej elementów.

Szczelność tych elementów, prócz uzyskania powolnego spadku ciśnienia, gwarantuje również to, że paliwo nie będzie wyciekać z wtryskiwaczy głównych do kolektora dolotowego po wyłączeniu silnika, a z wtryskiwacza rozruchowego, jeśli jest zamontowany w danym układzie (od dawna nie stosowany), również do kolektora dolotowego, podczas całego czasu pracy silnika i po jego wyłączeniu. Jeśli chodzi o wtryskiwacz rozruchowy, to przypominam, że jest on cały czas podczas pracy silnika, zasilany paliwem pod ciśnieniem, a otwiera się tylko na kilka sekund przy rozruchu silnika, jeśli temperatura silnika jest poniżej określonej wartości. Opisana procedura nie umożliwia sprawdzenia szczelno-

ści instalacji na odcinku od regulatora ciśnienia paliwa do zbiornika. Szczelność tego odcinka nie ma jednak wpływu na powstawanie korków parowych w układzie paliwowym, ale jest ona bezwzględnie wymagana.

Narzędzia pomiarowe i ich przyłączenie

Do przeprowadzenia pomiaru potrzebny będzie:

- manometr do pomiaru ciśnień paliwa (nie musi posiadać zaworu odcinającego),
- zegarek lub stoper.

Układ paliwowy należy przygotować do pomiaru zgodnie ze schematem z rys.18. Ten pomiar można również wykonać manometrem przyłączonym do króćca przyłączeniowego z szybkozłączką, na listwie paliwowej.

Przeprowadzenie i ocena wyników pomiaru

1. Proszę przyłączyć manometr A wraz z zaworem odcinającym do układu paliwowego tak jak pokazano to na schemacie (do wykonania tego pomiaru nie jest konieczny zawór odcinający).
2. Proszę uruchomić na chwilę silnik i pozostawić go pracującego na biegu jałowym.

Po ustabilizowaniu się ciśnienia paliwa w układzie paliwowym, należy wyłączyć silnik.

Należy obserwować szybkość zmniejszania się ciśnienia w układzie paliwowym.

Po 5 minutach od chwili wyłączenia, ciśnienie w układzie paliwowym nie powinno spaść więcej niż 1,5 at. Większy spadek ciśnienia świadczy o nieszczelności w układzie paliwowym. Nieszczelność może być zlokalizowana w:

- zaworze zwrotnym (jednokierunkowy) w pompie paliwa,
- wtryskiwaczach głównych lub wtryskiwaczu rozruchowym (jeśli występuje w danym układzie),
- regulatorze ciśnienia paliwa,
- przewodach paliwowych,
- złączach pomiędzy elementami.

Aby sprawdzić szczelność wtryskiwaczy głównych, wtryskiwacza rozruchowego i złączy, należy wykonać inny wariant tego pomiaru - pomiar 7. Pomiar ten pozwoli również pośrednio sprawdzić szczelność zaworu zwrotnego w pompie paliwa.

2.6.8. Pomiar 7: kontrola szczelności wtryskiwaczy głównych, rozruchowego, złączy układu paliwowego

Cel pomiaru

Próba opisana w tym podrozdziale pozwala na upewnienie się czy szczelne są wtryskiwacze główne, wtryskiwacz rozruchowy (jeśli występuje w danym układzie) i złącza pomiędzy elementami układu paliwowego. Przyczyny, dla których wymagana jest szczelność instalacji opisałem w punkcie „Cel pomiaru” pomiaru 6. Pomiar ten powinno wykonać się, gdy:

- jest wątpliwość odnośnie szczelności wtryskiwaczy głównych lub rozruchowego,
- przy próbie opisanej w punkcie nr 5, punktu „Przeprowadzenie i ocena wyników pomiaru” pomiaru 6,
- uzyskano niezadowalający wynik i należy ustalić dokładniej, który z elementów układu paliwowego jest nieszczelny - zawór zwrotny w pompie czy inny z elementów układu paliwowego.

Narzędzia pomiarowe i ich przyłączenie

Do przeprowadzenia pomiaru potrzebny będzie:

- manometr do pomiaru ciśnień paliwa z zaworem odcinającym,
- zegarek lub stoper.

Układ paliwowy należy przygotować do pomiaru zgodnie ze schematem z rys.19. Tego pomiaru nie można wykonać manometrem przyłączonym do króćca przyłączeniowego z szybkozłączką, na listwie paliwowej, ponieważ do układu paliwowego należy zamontować zawór odcinający.

Przeprowadzenie i ocena wyników pomiaru

1. Proszę przyłączyć manometr A wraz z zaworem odcinającym do układu paliwowego tak jak pokazano to na schemacie, czyli odwrotnie jak miało to miejsce przy wszystkich poprzednich pomiarach. Zawór odcinający ma się znajdować teraz od strony pompy paliwa.

2. Proszę nie uruchamiać silnika.
3. Proszę otworzyć zawór odcinający (ta pozycja zaworu nie jest pokazana na schemacie).
4. Proszę wyjąć przełącznik pompy paliwa i zaciski gniazda przełącznika (najprawdopodobniej 30 i 87) proszę połączyć przewodem serwisowym.
5. Proszę włączyć pompę paliwa i poczekać chwilę aż ustabilizuje się jego wartość.
6. Proszę zamknąć zawór odcinający i poczekać chwilę aż ciśnienie pokazywane przez manometr, panujące w części instalacji pomiędzy zamkniętym zaworem odcinającym a regulatorem ciśnienia paliwa, ustabilizuje się.
7. Proszę wyłączyć pompę paliwową.

Należy obserwować czy ciśnienie w układzie paliwowym pokazywane przez manometr nie ulega zmianie. W ciągu 60 sekund od chwili ustabilizowania się ciśnienia, po zamknięciu zaworu, ciśnienie nie powinno ulec zmianie.

Jeśli zmniejsza się ono, to należy sprawdzić, który z wtryskiwaczy jest nieszczelny. W tym celu należy:

- wyjąć wtryskiwacze główne z kolektora dolotowego,
- wymontować wtryskiwacz rozruchowy, jeśli występuje on w danym układzie,
- dla pewności wytrzeć do sucha końcówki wtryskiwaczy,
- powtórzyć czynności opisane w pkt od 3 do 8.
- obserwować końcówki wtryskiwaczy.

Różna jest opinia firm dotycząca wymaganej szczelności wtryskiwaczy głównych i rozruchowych. Jedne wymagają absolutnej szczelności, inne natomiast dopuszczają pojawienie się maksimum 1 kropli w ciągu 60 sekund trwania próby, lub, jeśli próbę tą wydłużymy, maksimum 1 kropli na każdych 60 sekund trwania próby. Ja uważam, że w stosunku do wtryskiwaczy rozruchowych powinno się wymagać absolutnej szczelności, (bo jak wspominałem są one cały czas zasilane paliwem pod ciśnieniem, natomiast dopuszczalne jest minimalna nieszczelność wtryskiwaczy głównych, jeśli spełniony jest warunek przedstawiony w punkcie „Cel pomiaru” pomiaru 6, dotyczący szybkości spadku ciśnienia paliwa po wyłączeniu silnika.

Nie doczytałem się w materiałach serwisowych, co należy zrobić, jeśli w wyniku przeprowadzonej próby okaże się, że wtryskiwacze główne i rozruchowy są szczelne, instalacja również, a ciśnienie w trakcie tej próby spada. Nie ma wątpliwości, że nieszczelny jest wówczas regulator paliwa. Uważam, że jeśli:

- taki regulator paliwa prawidłowo reguluje ciśnienie paliwa (zostało to sprawdzone w ramach pomiarów opisanych w podrozdziałach: 2.6.3. (pomiar nr 2) 2.6.5. (pomiar nr 4);
- spełniony jest warunek dotyczący szybkości spadku ciśnienia paliwa w instalacji paliwowej sprawdzony w sposób opisany w podrozdziale 2.6.7. (pomiar nr 6);
- to regulator ciśnienia paliwa nie musi podlegać wymianie.

