

Po usunięciu usterki sterownik powraca do normalnego trybu pracy. Awaryjny tryb pracy umożliwia pracę silnika z mniejszą sprawnością. Niektóre z awaryjnych trybów działają tak, że kierowca nie odczuwa bezpośrednio objawów niesprawności silnika. Świadczy o niej tylko świecąca się kontrolka diagnostyczna. Ponieważ często wartości zastępcze odpowiadają wartościom dla silnika gorącego, więc praca zimnego silnika może być nieco zakłócona. Uszkodzenie głównego czujnika, takiego jak przepływomierz powietrza albo czujnik ciśnienia w kolektorze dolotowym, może spowodować ograniczenia osiągnięć silnika.

Sterowniki współczesnych systemów sterowania silnikiem zmieniają adaptacyjnie swoje charakterystyki pracy. Różne dane o silniku są zbierane w pamięci przez odpowiednio długi czas, co umożliwia wypracowanie wartości średniej. Normalnie sterownik korzysta z kilku trójwymiarowych map cyfrowych zawierających parametry zapłonu, wtrysku paliwa itp. W zależności od zmieniających się sygnałów z różnych czujników sterownik stale koryguje sygnały wyjściowe przesyłane do różnych elementów wykonawczych. Zachowane wartości adaptacyjne są używane do korekty map parametrów podstawowych. W miarę zużywania się silnika lub jego elementów albo nawet rozwoju pewnych usterek zmieniające się sygnały są dodawane do wartości przechowywanych w pamięci adaptacyjnej i ich wartość średnia stopniowo się zmienia. Sterownik stale reaguje na zawartość pamięci adaptacyjnej i dostosowuje swoje działanie do zmieniających się warunków pracy silnika. Jeżeli wartość adaptacyjna przekroczy wartości dopuszczalne, może dojść do zasygnalizowania kodu usterki.

## 1.4. Układ zasilania gazem LPG

### 1.4.1. Wiadomości ogólne

Silniki o zapłonie iskrowym zasilane paliwem gazowym LPG mają dwupaliwową instalację zasilającą. Ze względu na właściwości paliwa gazowego rozruch zimnego silnika odbywa się z wykorzystaniem benzyny, a po osiągnięciu określonej temperatury silnik może być zasilany gazem LPG. Wykorzystanie paliwa gazowego LPG w silniku ZI wymaga odpowiedniego przystosowania jego układu zasilania benzyną. Uzyskanie parametrów pracy silnika zasilanego gazem porównywalnych z odpowiednimi parametrami przy zasilaniu benzyną (w całym zakresie jego pracy) wymaga odwzorowania pracy układu zasilania benzyną w odniesieniu zarówno do ilości podawanego paliwa, jak i miejsca powstawania mieszanki paliwowo-powietrznej. Tak więc doboru instalacji gazowej do danego silnika dokonuje się na podstawie rodzaju układu zasilania benzyną, występującego w danym silniku.

Rozróżnia się następujące generacje instalacji gazowych LPG stosowanych w silnikach o zapłonie iskrowym:

- I generacja – tradycyjne urządzenia z mieszalnikiem gazu, w których ilość gazu płynącego do silnika zależy wyłącznie od podciśnienia panującego

w układzie dolotowym; instalacja przeznaczona do silników gaźnikowych oraz z wtryskiem benzyny, lecz tylko wtedy, kiedy nie występuje sonda lambda i reaktor katalityczny;

- II generacja – tradycyjne urządzenia z mieszalnikiem gazu, wyposażone dodatkowo w elektronikę sterującą ilością gazu podawanego do silnika i współpracującą z sondą lambda;
- III generacja – indywidualne doprowadzenie gazu do poszczególnych cylindrów;
- IV generacja – sekwencyjny wtrysk gazu, oddzielne sterowanie wtryskiwaczami gazu dla każdego cylindra.

Generacje II, III i IV instalacji gazowych przeznaczone są do silników z wtryskowym układem zasilania benzyną z sondą lambda i reaktorem katalitycznym.

Typowa instalacja gazowa LPG składa się z dwóch podstawowych grup elementów:

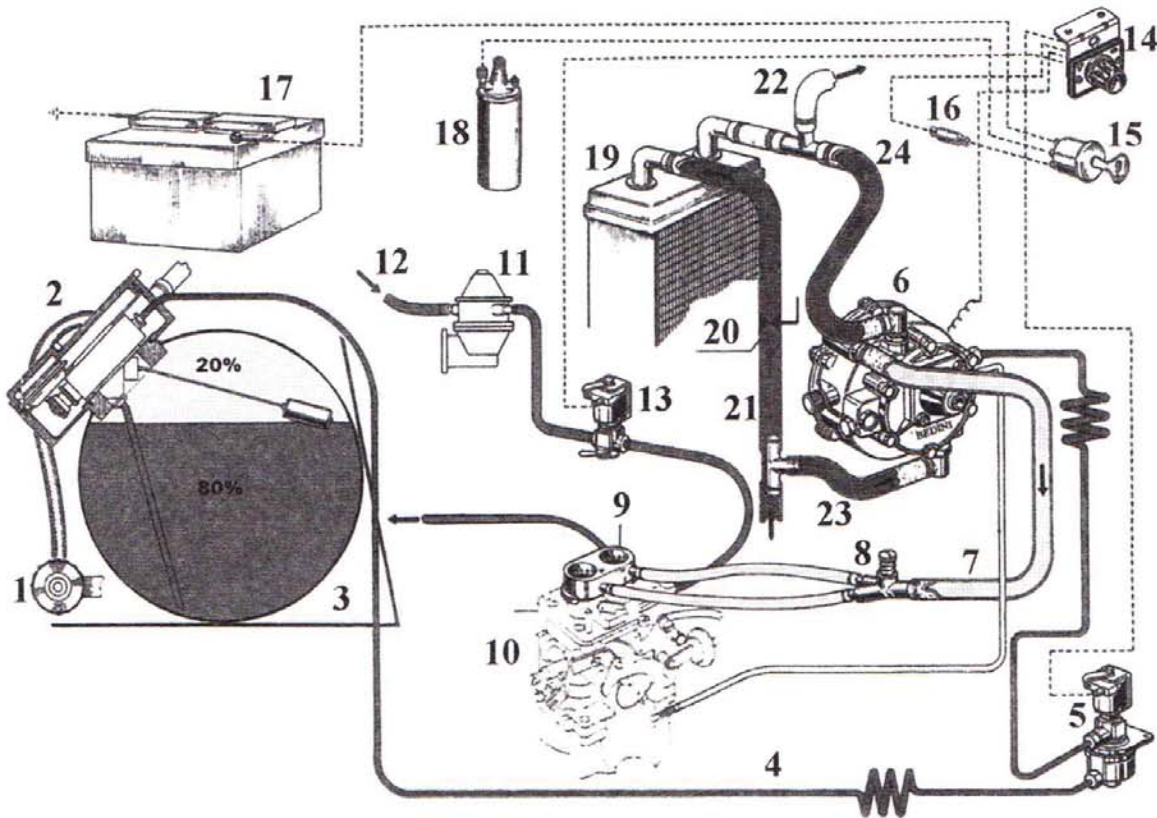
- służących do magazynowania paliwa gazowego, czyli zbiornika wraz z wyposażeniem i urządzeniami umożliwiającymi zatankowanie gazu; elementy te są jednakowe we wszystkich generacjach instalacji;
- umieszczonych w komorze silnika (zestaw silnikowy – ang. *motor kit*), do których dopływa gaz ze zbiornika i gdzie następuje jego odparowanie oraz obniżenie ciśnienia, a następnie podanie do kolektora dolotowego w odpowiedniej dawce, aby uzyskać właściwą mieszankę paliwowo-powietrzną.

### 1.4.2. Instalacja zasilania gazem LPG I generacji

Gazowa instalacja zasilania LPG I generacji jest najstarszym i najprostszym rozwiązaniem umożliwiającym adaptację silnika gaźnikowego lub wtryskowego bez sondy lambda do zasilania skroplonym gazem węglowodorowym. Schemat instalacji gazowej I generacji przedstawiono na rysunku 1.91. Charakterystycznymi elementami są reduktor-parownik i mieszalnik gazu. Instalacja nie wymaga żadnej elektroniki poza przełącznikiem wyboru paliwa. Paliwo LPG w fazie płynnej, pod ciśnieniem panującym w zbiorniku, przepływa przewodem do reduktora.

Między reduktorem i zbiornikiem paliwa gazowego jest zamontowany elektrozawór gazu z wkładem filtrującym (elektrozawór może być zintegrowany z reduktorem). Podczas pracy silnika zasilanego LPG elektrozawór jest otwarty, a zamyka się przy przełączeniu zasilania na benzynę lub przy wyłączeniu silnika.

Reduktor jest urządzeniem, w którym następuje rozprężanie i odparowywanie paliwa LPG, czyli przejście z fazy ciekłej, w której jest magazynowane w zbiorniku, do fazy gazowej, którą jest zasilany silnik, oraz utrzymywanie stabilnego ciśnienia pracy niezależnie od zmian ciśnienia gazu w zbiorniku i zróżnicowanego poboru gazu zależnego od stopnia obciążenia silnika. Odparowanie paliwa LPG, charakteryzującego się bardzo dużym ciepłem parowania, wymaga dostarczenia dużej ilości energii cieplnej, uzyskiwanej z układu chłodzenia silnika, do którego reduktor-parownik jest podłączony.



**Rys. 1.91.** Schemat mieszalnikowego układu zasilania LPG I generacji [13]

1 – zawór tankowania, 2 – zawór wielofunkcyjny, 3 – zbiornik paliwa gazowego, 4 – przewód zasilający LPG, 5 – elektrozawór LPG, 6 – reduktor, 7 – przewód LPG łączący reduktor z mieszalnikiem, 8 – zawór dławiący (do regulacji), 9 – mieszalnik, 10 – gaźnik, 11 – pompa paliwa, 12 – przewód zasilania benzyną, 13 – elektrozawór benzynowy, 14 – przelotnicznik wyboru paliwa, 15 – wyłącznik zapłonu (stacyjka), 16 – bezpiecznik, 17 – akumulator, 18 – cewka zapłonowa, 19 – nagrzewnica, 20 – zawór nagrzewnicy, 21 – przewód doprowadzający ciecz chłodzącą do nagrzewnicy, 22 – przewód łączący nagrzewnicę z silnikiem, 23 – przewód doprowadzający ciecz chłodzącą do reduktora, 24 – przewód odprowadzający ciecz chłodzącą z reduktora

Ze względu na sposób włączenia się reduktora-parownika do pracy (otwarcia wypływu gazu z reduktora-parownika) rozróżnia się dwa podstawowe rodzaje reduktorów-parowników:

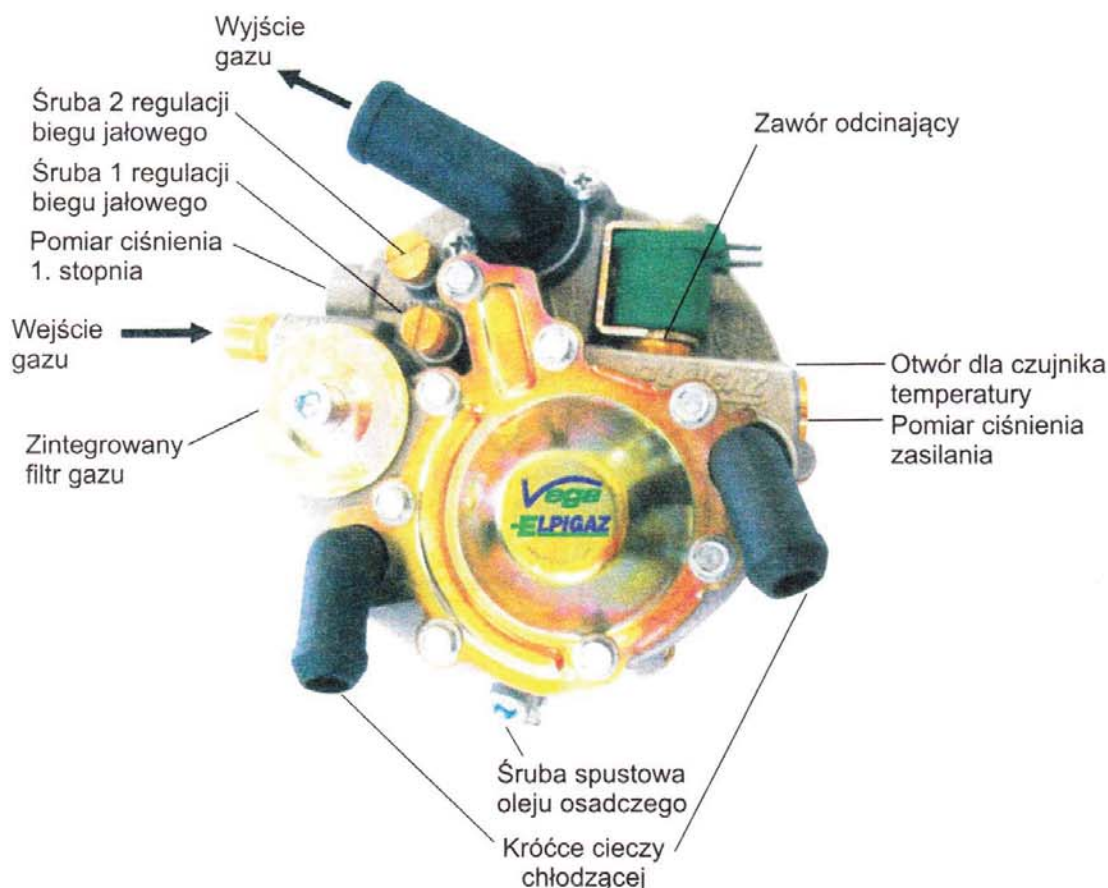
- podciśnieniowe – włączające się do pracy na podstawie podciśnienia występującego kolektorze dolotowym pracującego silnika;
- elektroniczne – włączające się do pracy po otwarciu zaworu odcinającego na podstawie sygnału z układu zapłonowego lub sygnału prędkości obrotowej silnika.

W celu zapewnienia wysokiego poziomu bezpieczeństwa oraz spełnienia wymagań przepisów we współczesnych instalacjach stosuje się wyłącznie elektroniczne reduktory-parowniki.

Ze względu na liczbę stopni redukcji reduktory można podzielić na:

- jednostopniowe,
- dwustopniowe.

W gazowych instalacjach zasilających I generacji stosuje się dwustopniowe reduktory-parowniki. Pierwszy stopień reduktora jest wykorzystywany jako parownik, w którym następuje częściowe obniżenie ciśnienia gazu i jego

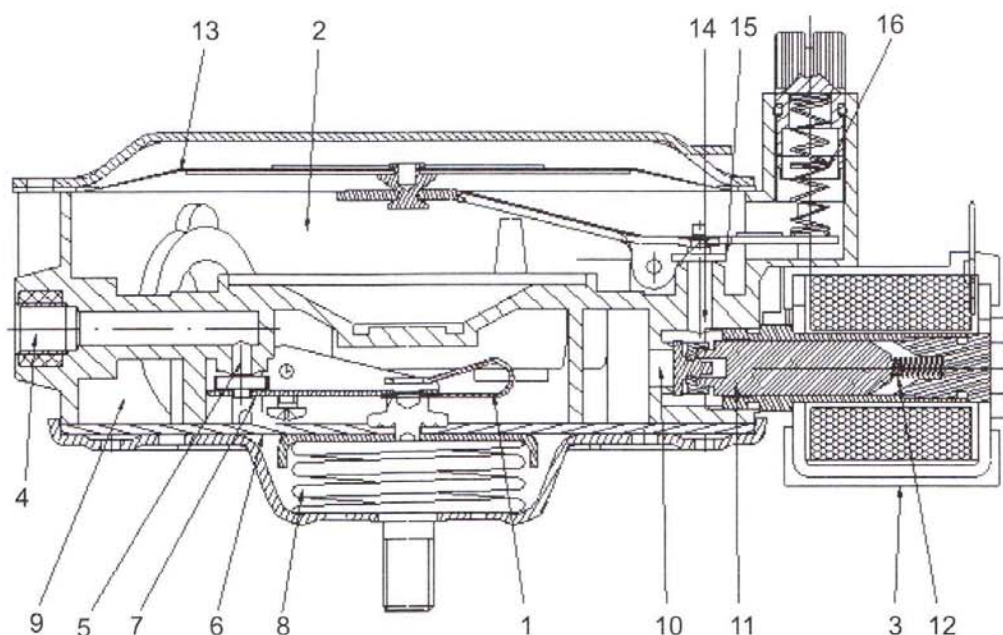


**Rys. 1.92.** Dwustopniowy elektroniczny reduktor-parownik przeznaczony do instalacji gazowych I i II generacji zintegrowany z zaworem odcinającym oraz wyposażony w filtr gazu [39]

przejście z fazy ciekłej w gazową. W drugim stopniu reduktora następuje dalsze obniżenie ciśnienia i utrzymywanie go na stałym poziomie. Dwustopniowy elektroniczny reduktor-parownik, przeznaczony do instalacji gazowych I i II generacji, zintegrowany z zaworem odcinającym i wyposażony w filtr gazu przedstawiono na rysunku 1.92.

Budowę dwustopniowego reduktora przedstawiono na rysunku 1.93. Gdy elektrozawór LPG jest otwarty, paliwo LPG w fazie ciekłej pod ciśnieniem panującym w zbiorniku wpływa do komory I stopnia regulacji ciśnienia i rozpręża się, pobierając ciepło od ścianek komory. Odparowane paliwo LPG zwiększa ciśnienie w komorze pierwszego stopnia i wywiera nacisk na przeponę komory I stopnia, który powoduje przewyższenie siły sprężyny i (poprzez dźwignię regulacji zespołu I stopnia) zamknięcie zaworu I stopnia. Zawór ten zacznie się powtórnie otwierać, gdy układ regulacji II stopnia spowoduje wypływ części gazu z komory I stopnia i nastąpi zmniejszenie panującego w niej ciśnienia.

Podczas pracy silnika podciśnienie panujące w kolektorze dolotowym oddziałuje na przeponę drugiego stopnia w reduktorze-parowniku. Zmiana podciśnienia, wraz ze zmianą ciśnienia w komorze drugiego stopnia, powoduje zmianę położenia (uchylenia) przepony oraz zmianę położenia dźwigni sterującej przepływem gazu napływającego z komory pierwszego stopnia redukcji. Wzrost podciśnienia i spadek ciśnienia w komorze drugiego stopnia redukcji reduktora,



**Rys. 1.93.** Przekrój reduktora [13]

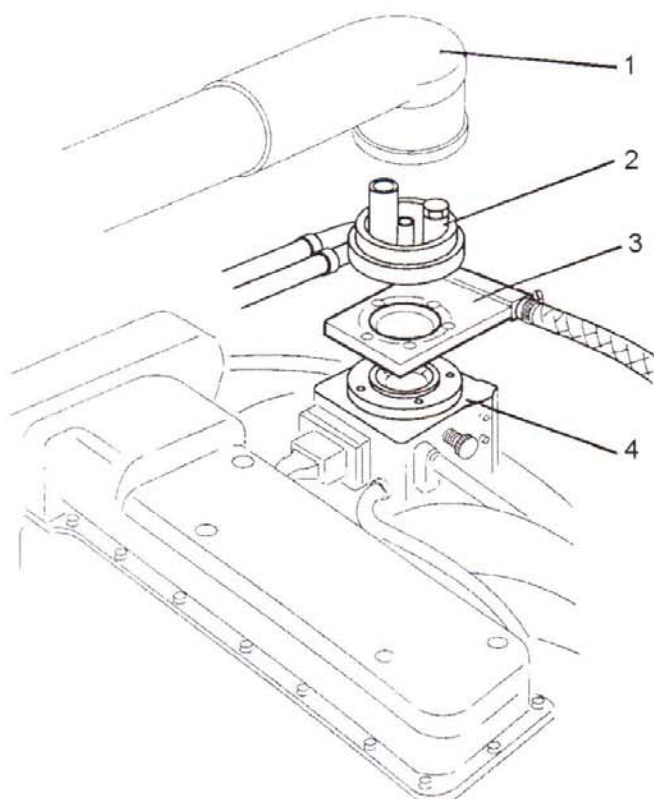
1 – komora I stopnia regulacji ciśnienia, 2 – komora II stopnia regulacji ciśnienia, 3 – elektromagnetyczny zawór odcinający, 4 – króciec dolotowy LPG, 5 – wlot kanału doprowadzającego LPG do komory I stopnia, 6 – przepona komory I stopnia, 7 – zawór I stopnia, 8 – sprężyna zespołu zaworu I stopnia, 9 – płaszcz cieczowy, 10 – kanał łączący komory I i II stopnia, 11 – trzpień elektromagnetycznego zaworu odcinającego, 12 – sprężyna elektromagnetycznego zaworu odcinającego, 13 – przepona komory II stopnia regulacji ciśnienia, 14 – kanał łączący komory I i II stopnia, 15 – dźwignia regulacji zespołu II stopnia, 16 – sprężyna zespołu regulacji II stopnia wraz ze śrubą regulacyjną naciągu wstępnego tej sprężyny

wywołany zasysaniem z niej paliwa gazowego, powoduje zmniejszenie siły działającej na przeponę komory drugiego stopnia, a przez to i na dźwignię regulacji zespołu zaworu drugiego stopnia. Umożliwia to otwieranie się zaworu drugiego stopnia i przepływ paliwa LPG z komory pierwszego stopnia redukcji. W przypadku zmniejszenia podciśnienia w kolektorze dolotowym wzrasta ciśnienie w komorze drugiego stopnia regulacji, w wyniku czego, poprzez zmianę położenia przepony komory drugiego stopnia, następuje zamknięcie zaworu przepływu paliwa z komory pierwszego stopnia do komory drugiego stopnia regulacji ciśnienia.

Przepływ LPG w postaci gazowej przez zawór drugiego stopnia jest zależny od różnicy ciśnień między komorami pierwszego i drugiego stopnia regulacji ciśnienia oraz od wielkości otwarcia zaworu drugiego stopnia.

Paliwo gazowe LPG po odparowaniu i obniżeniu ciśnienia, z komory drugiego stopnia reduktora-parownika, przepływa przewodem wyposażonym w zawór dławiący (register) do mieszalnika (miksera).

Położenie śruby regulacyjnej w zaworze dławiącym, którą ustala się odpowiedni przekrój przepływu gazu przez register na drodze między reduktorem-parownikiem i mieszalnikiem, określa ilość zasysanego przez silnik gazu. Zmniejszenie przekroju przepływu (wkręcenie śruby regulacyjnej) powoduje zmniejszenie dopływu gazu i zubożenie mieszanki powietrzno-paliwowej zasysanej przez silnik. Zwiększenie tego przekroju (wykręcenie śruby regulacyjnej) wywołuje zwiększenie dopływu gazu i wzbogacenie mieszanki.



**Rys. 1.94.** Mieszalnik zamontowany pod płytką wtryskiwacza benzyny [13]

1 – kanał dolotowy, 2 – wtryskiwacz benzyny,  
3 – mieszalnik, 4 – korpus zespołu wtryskowego

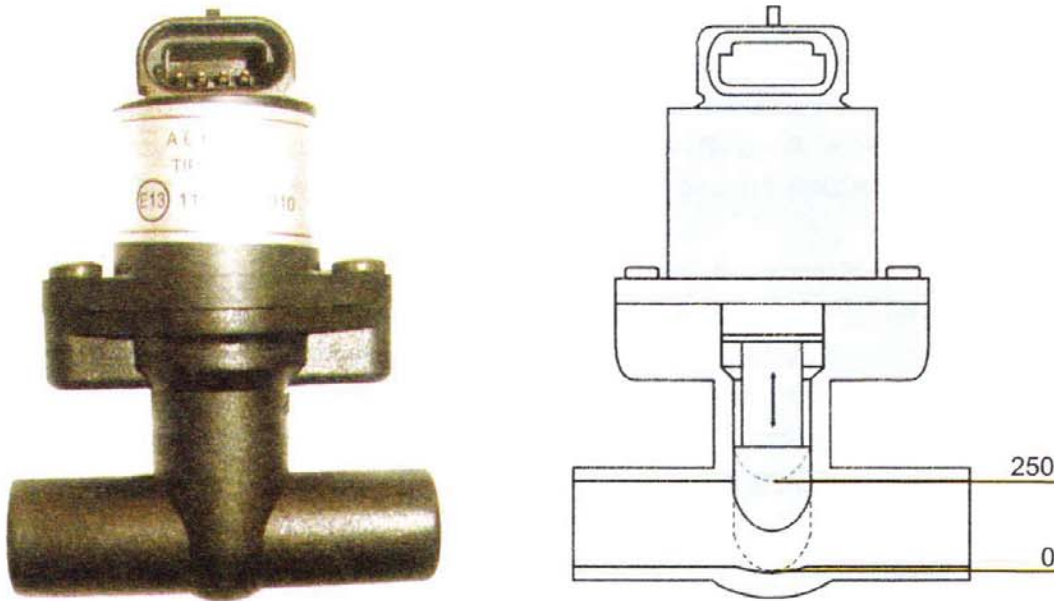
Mieszalnik montuje się w układzie dolotowym powietrza do silnika między filtrem powietrza i przepustnicą (rys. 1.94). Jego zadaniem jest wprowadzenie paliwa LPG w fazie gazowej do układu dolotowego silnika w ilości proporcjonalnej do ilości napływającego do silnika powietrza, tak aby uzyskać jednorodną mieszankę palną w pełnym zakresie pracy silnika. Mieszalnik dobiera się indywidualnie do danego silnika w zależności od budowy układu zasilania benzyną, pojemności skokowej i mocy silnika. Stosuje się różne rozwiązania konstrukcyjne tego elementu, lecz zasada działania wszystkich mieszalników jest taka sama.

Regulacja instalacji LPG I generacji polega na:

- wyregulowaniu prędkości obrotowej biegu jałowego (regulacji dokonuje się przez zmianę napięcia sprężyny w układzie regulacji ciśnienia drugiego stopnia reduktora);
- wyregulowaniu składu mieszanki przy zwiększonej prędkości obrotowej, wynoszącej ok. 3000 obr/min (skład mieszanki zmienia się śrubą regulacyjną zaworu dławiącego).

### 1.4.3. Instalacja zasilania gazem LPG II generacji

Instalacja gazowa LPG II generacji jest układem mieszalnikowym (podobnie jak instalacje I generacji) przeznaczonym do zasilania silników wyposażonych w sondę lambda i reaktor katalityczny. Elektroniczne sterowanie ilością gazu podawanego z reduktora-parownika do silnika jest realizowane na podstawie sygnału sondy lambda. Dzięki jego wykorzystaniu instalacja II generacji reguluje dawkę gazu płynącego do silnika w sposób umożliwiający wytworzenie



Rys. 1.95. Widok i przekrój elementu wykonawczego układów sterujących [39]

mieszanki o składzie bliskim stechiometrycznemu we wszystkich warunkach pracy.

Zasada działania układów zasilania LPG I i II generacji jest taka sama. Jedyną różnicą jest wprowadzenie w układach II generacji urządzenia wykonawczego umożliwiającego regulację składu mieszanki LPG-powietrze przy wykorzystaniu sygnału sondy lambda występującej w układzie zasilania benzyną. Najczęściej stosowanym rozwiązaniem sterowania ilością gazu podawanego do silnika jest zawór dławiący napędzany silnikiem krokowym, zwany attuatorem (rys. 1.95), zamocowany na przewodzie gazowym między reduktorem i mieszalnikiem. Elementem roboczym attuatora jest silnik krokowy. Podczas pracy silnik krokowy może zająć dowolną pozycję od 0 do 250 kroków, w zależności od sygnału otrzymanego z układu sterującego ilością gazu, dzięki czemu następuje zmiana pola przekroju przepływu gazu przez attuator.

Współpraca instalacji gazowych II generacji z elektronicznie sterowanymi układami wtrysku benzyny może wywoływać zakłócenia w pracy tych układów, których skutkiem jest generowanie błędów lub nawet zmiany zapisanych w pamięci sterownika map wtrysku. Dlatego też w celu zapewnienia prawidłowego działania układu zasilania w instalacji elektrycznej układów gazowych stosuje się zespoły elektroniczne zwane emulatorami. Emulatory generują sygnały elektryczne, „oszukując” w ten sposób sterownik silnika, co umożliwia poprawną pracę układów elektronicznego sterowania samochodu podczas zasilania gazem LPG.

Podczas pracy na paliwie LPG odbywa się również sterowanie pracą wtryskiwaczy benzyny. Aby benzyna nie była wtryskiwana, konieczne jest odcięcie zasilania tym paliwem układu wtrysku sterowanego elektronicznie. Realizuje się to, stosując emulatory wtrysku, których zadaniem jest włączenie w szereg z uzwojeniem cewki wtryskiwacza elementów obniżających natężenie

prądu w uzwojeniach wtryskiwacza do poziomu gwarantującego, że wtryskiwacz benzyny się nie otworzy, a zarazem sterownik silnika nie wykryje ingerencji w obwody wykonawcze wtrysku. Powrót do zasilania benzyną jest realizowany przez połączenie uprzednio „przerwanych” obwodów sterujących. Emulatory wtrysku dobiera się dostosowując je do rezystancji cewek elektromagnetycznych wtryskiwaczy benzyny.

Zadaniem emulatora sondy lambda jest wytworzenie sygnału elektrycznego przesyłanego do sterownika silnika o tak dobranym przebiegu, aby został zinterpretowany przez sterownik silnika jako informacja o prawidłowym przebiegu regulacji składu mieszanki, czyli nie wymagającym wprowadzenia korekt w sterowaniu. Emulator sondy lambda stosuje się zatem do zamaskowania niedoskonałości działania układów zasilania LPG.

W instalacji gazowej II generacji stosuje się również inne emulatory, zabezpieczające układ wtryskowy benzyny przed generowaniem błędów oraz zakłóceniami w sterowaniu dawkowaniem benzyny.

Podstawowym sygnałem do sterowania składem mieszanki w układach II generacji jest sygnał sondy lambda. Podczas pracy sterownika układu LPG sygnał ten jest porównywany z napięciem progowym, na podstawie którego jest oceniany skład mieszanki (uboga czy bogata). Sterownik układu zasilania gazem wzbogaca mieszankę LPG, jeżeli wykryje, że mieszanka jest uboga, zuboża ją natomiast, gdy wykryje mieszankę bogatą. W zależności od wykrytego stanu regulacji sterownik wysyła do elementu regulującego (silnika krokowego zaworu dławiącego) przepływ LPG sygnał powodujący zwiększenie dławienia wypływu paliwa LPG do silnika w celu zubożenia mieszanki, natomiast w przypadku wykrycia mieszanki ubogiej – sygnał powodujący zwiększenie dopływu paliwa LPG. Efektem tego działania jest ciągła oscylacja składu mieszanki wokół wartości odpowiadającej mieszance stechiometrycznej.

Dla właściwej pracy silnika bardzo ważne są: częstotliwość oraz zakres zmian składu mieszanki LPG-powietrze podczas pracy silnika. Zakres zmian składu mieszanki palnej zasilającej silnik zależy od czasu przepływu mieszanki palnej od mieszalnika do sondy lambda, parametrów sondy lambda, układu sterowania składem mieszanki oraz od urządzeń wykonawczych regulujących dawkę paliwa LPG. W przypadku dużych zmian składu mieszanki praca silnika staje się nierównomierna – prędkość obrotowa silnika zwiększa się z chwilą wzbogacenia mieszanki i zmniejsza się po jej zubożeniu. W instalacjach gazowych II generacji, podobnie jak w układach wtryskowych benzyny, sygnał sondy lambda jest podstawą do korekcji dawki paliwa. Podstawowym warunkiem właściwej regulacji układu zasilania LPG II generacji są prawidłowy dobór mieszalnika oraz dobór i regulacja reduktora umożliwiające układowi sterującemu korekcję składu mieszanki w każdych warunkach pracy silnika.

Właściwie dobrane i wyregulowane układy zasilania LPG II generacji dobrze sterują składem mieszanki w stałych warunkach pracy silnika. Do polepszenia ich działania w stanach nieustalonych są przeznaczone funkcje działające podczas przyspieszania oraz zwalniania silnika.

Funkcja wzbogacania mieszanki podczas przyspieszania polega na wzbogaceniu mieszanki LPG-powietrze w celu zwiększenia mocy. Sterownik LPG do tego celu wykorzystuje sygnał z czujnika położenia przepustnicy. Jeżeli sygnał odczytany z tego czujnika przekroczy określoną wartość, sterownik spowoduje przesunięcie silnika krokowego do zadanego położenia lub zwiększenie otwarcia o zaprogramowaną liczbę kroków.

Podczas zwalniania silnika, rozpoznawanego jako zmniejszenie kąta otwarcia przepustnicy, następuje zmniejszenie otwarcia zaworu dławiącego przez silnik krokowy do określonej pozycji i zmniejszenie przekroju przepływu paliwa LPG do silnika. Powoduje to zmniejszenie ilości gazu zasysanego przez silnik i chwilowe zubożenie mieszanki powietrzno-gazowej.

Mieszalnikowy układ zasilania LPG umożliwia pracę silnika z dowolnie dużą prędkością obrotową. Aby nie dopuścić do przekroczenia założonej dla danego silnika maksymalnej prędkości obrotowej przy zasilaniu paliwem LPG, co może mieć wpływ na ograniczenie trwałości silnika, w instalacjach II generacji po wykryciu niebezpiecznej prędkości obrotowej następuje przełączenie zasilania z LPG na benzynę i wykorzystanie ogranicznika prędkości obrotowej silnika pracującego na benzynie.

Przełączanie zasilania z benzyny na LPG jest realizowane automatycznie po wybraniu na przełączniku trybu LPG i wystąpieniu odpowiednich warunków pracy.

Instalacje gazowe II generacji dobrze współpracują z jednopunktowymi układami wtryskowymi benzyny. W przypadku wielopunktowych układów wtryskowych istnieje problem wybuchów powrotnych (strzałów) przy zasilaniu gazem, spowodowanych zapaleniem się mieszanki gazowo-powietrznej w układzie dolotowym silnika. Problem pojawiania się strzałów wynika z różnicy miejsca powstawania mieszanki paliwowo-powietrznej:

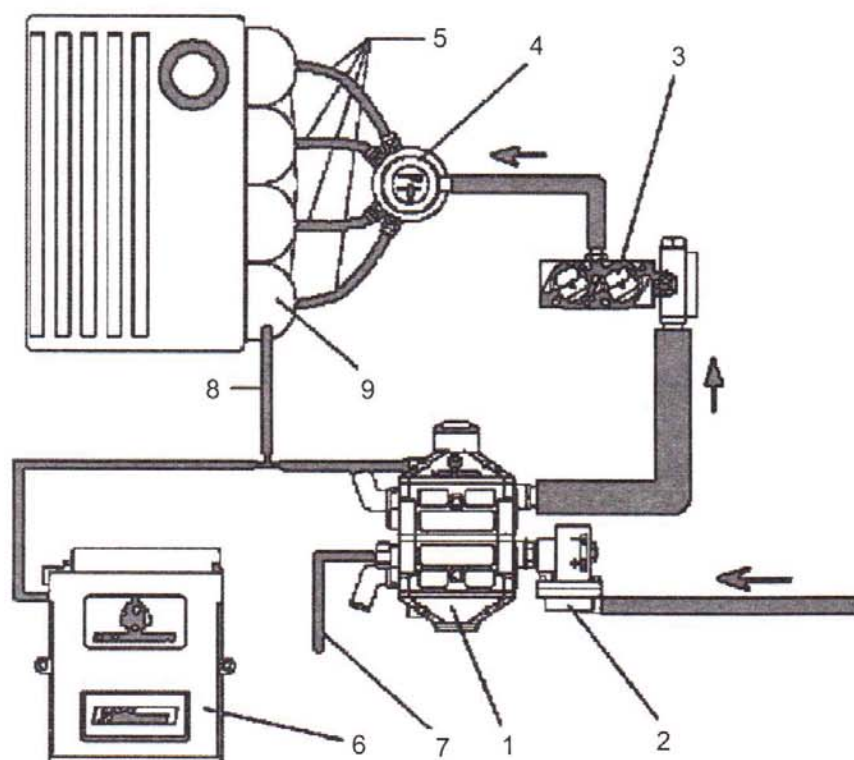
- przy zasilaniu benzyną – w kolektorze przed zaworem dolotowym, oddzielnie dla każdego cylindra;
- przy zasilaniu LPG – w mieszalniku przed przepustnicą, jednomiejscowo wspólnie dla wszystkich cylindrów.

Wybuchy powrotne są szczególnie niebezpieczne dla silników wyposażonych w kolektory dolotowe wykonane z tworzyw sztucznych.

#### 1.4.4. Instalacja zasilania gazem LPG III generacji

Gazowy układ zasilania III generacji w porównaniu z układem II generacji umożliwia dokładniejsze sterowanie dawką paliwa LPG płynącego do silnika oraz eliminuje problem wybuchów powrotnych dzięki zastosowaniu indywidualnego dozowania gazu do kanałów dolotowych w okolicy zaworów, tak jak jest to realizowane w wielopunktowych układach wtrysku benzyny. Układy te zalicza się do układów wtryskowych, mimo że nie zachodzi w nich wtrysk gazu z realizacją odmierzania dawki paliwa.

W gazowych układach zasilania III generacji ilość paliwa LPG podawanego do silnika jest określana na podstawie zmierzonego przepływu powietrza przez

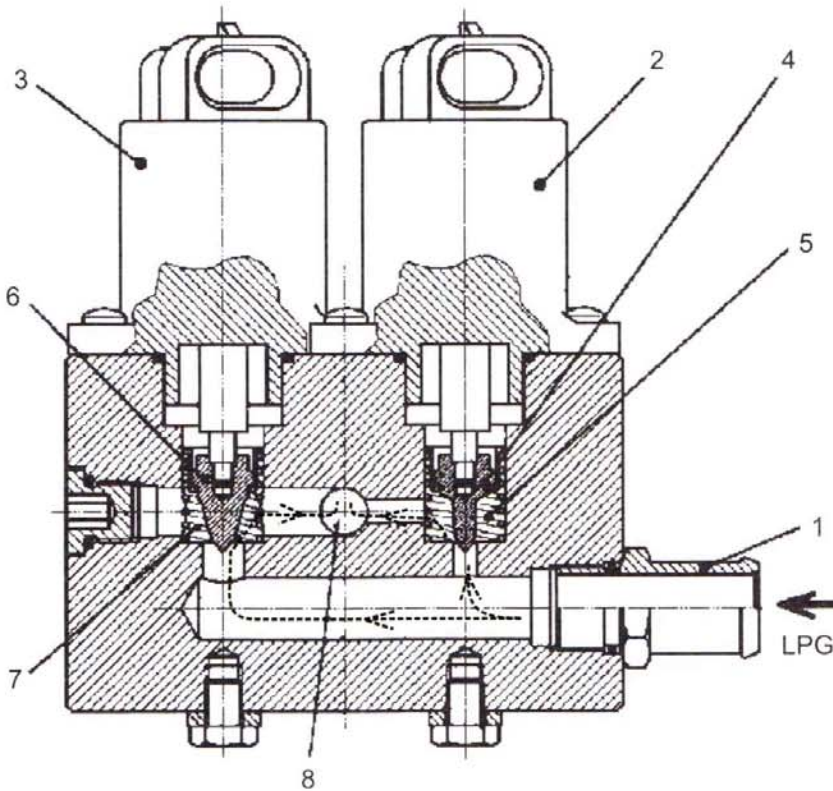


**Rys. 1.96.** Schemat układu wtrysku fazy gazowej LPG III generacji [13]

1 – reduktor, 2 – elektrozawór odcinający, 3 – dozownik, 4 – dystrybutor, 5 – przewody doprowadzające LPG do kolektora dolotowego, 6 – sterownik LPG, 7 – przewód odprowadzający LPG z reduktora po zadziałaniu zaworu bezpieczeństwa, 8 – przewód kompensacyjny, 9 – kolektor dolotowy

układ dolotowy silnika. Układ sterowania ma możliwość tworzenia map określających optymalną dawkę paliwa LPG i może ją korygować na podstawie analizy sygnału z sondy lambda. Podstawowymi sygnałami wykorzystywanymi do wyznaczenia dawki paliwa LPG, podobnie jak w układach wtryskowych benzyny, są sygnały z czujników podciśnienia w układzie dolotowym oraz prędkości obrotowej silnika. Sterowanie instalacji III generacji obejmuje również (tak jak w instalacjach II generacji) stany nieustalone silnika, czyli wzbogacanie mieszanki przy wzroście obciążenia i zubożanie mieszanki lub odcięcie paliwa podczas hamowania silnikiem. W układach III generacji, mimo zwiększenia dokładności sterowania dawką paliwa w porównaniu z układami II generacji, wymagane jest również stosowanie emulatora sondy lambda.

Schemat gazowego układu zasilania III generacji przedstawiono na rysunku 1.96. Gaz LPG ze zbiornika przepływa przez filtr paliwa oraz zawór odcinający do reduktora. Po wyjściu z reduktora paliwo w fazie gazowej przepływa do dozownika, który steruje natężeniem przepływu gazu LPG do silnika. Jego działanie polega na dławieniu przepływu paliwa z reduktora do dystrybutora. W korpusie dozownika (rys. 1.97) są wykonane dwa kanały połączone z wlotem i wylotem paliwa w ten sposób, że jest możliwy jego przepływ przez oba kanały jednocześnie. W każdym z kanałów pracuje zawór dławiący sterowany za pomocą silnika krokowego, działającego na identycznej zasadzie jak w układach

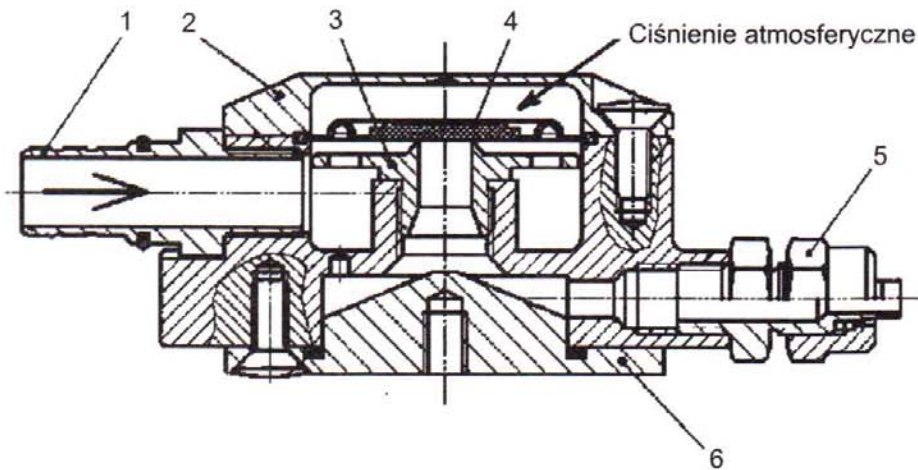


**Rys. 1.97.** Dozownik [13]

1 – króciec wlotowy LPG, 2, 3 – silnik krokowy, 4, 6 – iglica, 5, 7 – sprężyna, 8 – kanał wylotowy LPG

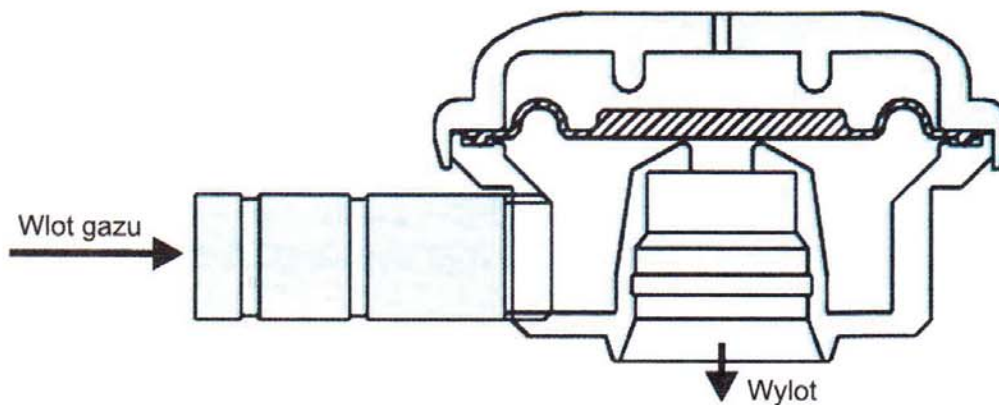
LPG II generacji. Kanał o mniejszej średnicy służy do precyzyjnej regulacji składu mieszanki silnika pracującego na biegu jałowym i przy niewielkich mocach rozwijanych przez silnik. Drugi kanał jest wykorzystywany do sterowania składem mieszanki w warunkach rozwijania przez silnik większych mocy, gdy zapotrzebowanie silnika na paliwo rośnie. Określona dawka paliwa LPG następnie jest kierowana do dystrybutora, w którym paliwo jest rozdzielane na poszczególne cylindry i przewodami płynie do wtryskiwaczy, z których w sposób ciągły wypływa do poszczególnych odgałęzień kolektora dolotowego. Dystrybutor (rys. 1.98), oprócz rozdziału paliwa, za pomocą umieszczonego w nim zaworu ma utrzymywać stałą różnicę ciśnień między wejściem i wyjściem paliwa. Dystrybutor jest montowany blisko miejsca wprowadzenia paliwa do kolektora dolotowego, czyli blisko wtryskiwaczy. Wtryskiwacze, wykonane w postaci zaworów przeponowych (rys. 1.99), są montowane na kolektorze dolotowym w sąsiedztwie wtryskiwaczy benzyny. Zawór przeponowy umożliwia przepływ odmierzonej porcji gazu do kanałów dolotowych i zapewnia zamknięcie przepływu powietrza między poszczególnymi cylindrami, gdy nie występuje wtryskiwanie gazu.

Warunkiem prawidłowej pracy silnika jest wytworzenie mieszanki palnej o zadanym współczynniku nadmiaru powietrza, a ponadto o tym samym współczynniku nadmiaru powietrza w każdym z odgałęzień kolektora dolotowego. Warunkiem równego podziału strumienia LPG w instalacji III generacji jest zachowanie takich samych przepływów gazu przez każdy z przewodów łączących dystrybutor z wtryskiwaczami. Spełnienie tego warunku wymaga



**Rys. 1.98.** Dystrybutor [13]

1 – króciec wlotowy LPG, 2 – pokrywa górna, 3 – tuleja, 4 – zawór, 5 – króciec wylotowy, 6 – pokrywa dolna



**Rys. 1.99.** Schemat przekroju zaworu przeponowego (wtryskiwacza gazu LPG) [39]

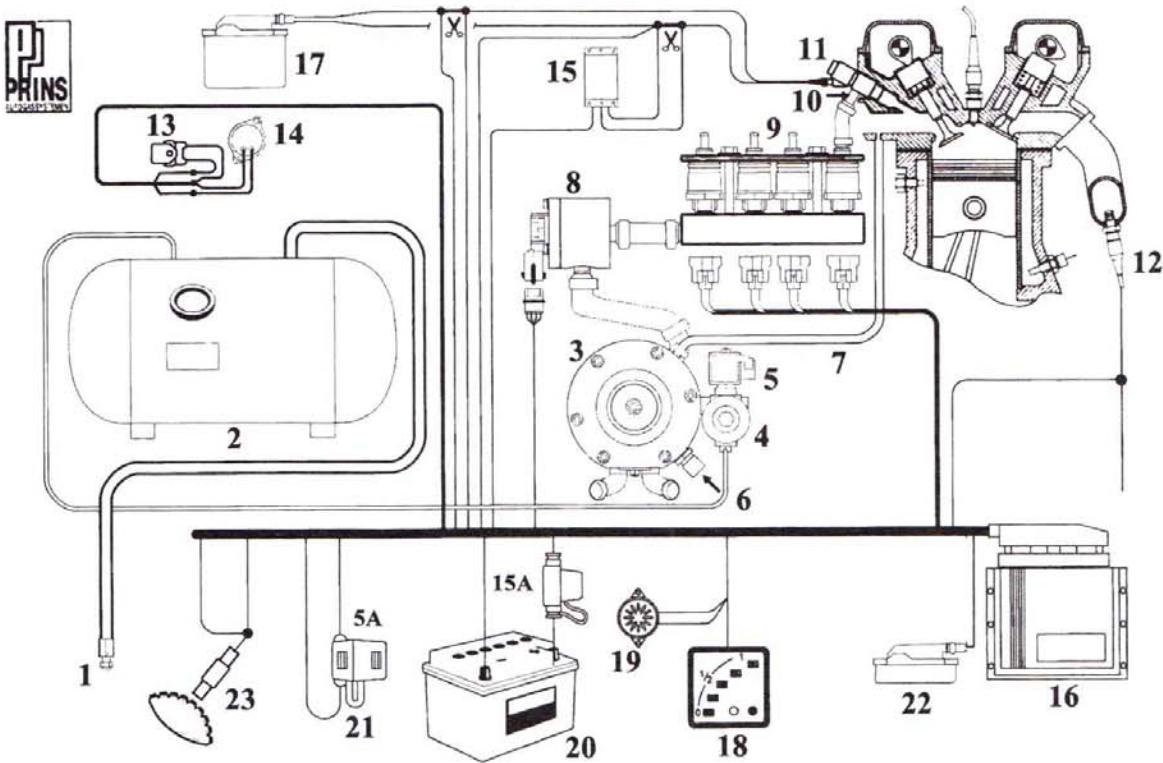
zachowania we wszystkich odgałęzieniach kolektora dolotowego tej samej odległości między miejscem osadzenia wtryskiwacza i głowicą silnika oraz jednakowej długości przewodów łączących wtryskiwacze z dystrybutorem.

#### 1.4.5. Instalacja zasilania gazem LPG IV generacji

Gazowa instalacja LPG IV generacji to układ sekwencyjnego wtrysku gazu przeznaczony do silników o wielopunktowym wtrysku benzyny. Rozwiązanie to zapewnia największą dokładność dawkowania gazu, a jego działanie najmniej różni się od układu wtrysku benzyny.

Przy zasilaniu gazem LPG silnika z wielopunktowym wtryskiem benzyny powinny być spełnione następujące warunki:

- miejsce wtrysku paliwa gazowego powinno być jak najbardziej zbliżone do miejsca wtrysku benzyny;
- wtrysk gazu do kanałów dolotowych kolektora powinien następować w tej samej fazie cyklu pracy silnika, jak ma to miejsce przy benzynie (sekwencja wtrysku gazu z wtryskiem benzyny);



**Rys. 1.100.** Schemat instalacji wtrysku fazy gazowej LPG [13]

1 – zawór tankowania, 2 – zbiornik gazu, 3 – reduktor, 4 – filtr fazy ciekłej LPG, 5 – elektrozawór, 6 – czujnik temperatury reduktora, 7 – przewód łączący zawór bezpieczeństwa z kolektorem dolotowym, 8 – filtr fazy gazowej LPG z czujnikami ciśnienia i temperatury, 9 – wtryskiwacze gazu, 10 – adapter, 11 – wtryskiwacz benzyny, 12 – sonda lambda, 13 – elektrozawór, 14 – wskaźnik poziomu gazu, 15 – zespół odcięcia wtrysku, 16 – sterownik układu zasilania LPG, 17 – sterownik silnika, 18 – przełącznik wyboru paliwa, 19 – brzęczyk, 20 – akumulator, 21 – bezpiecznik, 22 – złącze diagnostyczne, 23 – czujnik położenia i prędkości obrotowej wału korbowego

– ilość wtryskiwanej porcji paliwa gazowego energetycznie powinna odpowiadać zapotrzebowaniu na benzynę wyznaczonemu przez układ sterujący dawką paliwa dla silnika (sterownik benzyny).

Układem spełniającym podane warunki jest sekwencyjny wtrysk gazu.

Układy gazowe IV generacji wtryskują najczęściej paliwo LPG w postaci gazowej, choć spotyka się również układy wtrysku gazu w fazie ciekłej.

### Układ zasilania IV generacji wtrysku LPG w fazie gazowej

Schemat instalacji gazowej IV generacji z wtryskiem paliwa LPG w fazie gazowej przedstawiono na rysunku 1.100. Paliwo, jak w każdej instalacji gazowej, ze zbiornika przewodami za pośrednictwem zaworu odcinającego jest kierowane do reduktora. W nim zachodzi zmiana fazy paliwa LPG z ciekłej na gazową. Zwykle wykorzystuje się reduktor jednostopniowy, w którym odparowanie paliwa i regulacja ciśnienia występują na jednym stopniu regulacji. Działanie reduktora jest identyczne z działaniem I stopnia regulacji reduktora stosowanego w układach mieszalnikowych. Paliwo LPG wyływające z reduktora przepływa przewodami do modułu filtrującego (filtra fazy gazowej) i do wtryskiwaczy LPG, których pracą steruje sterownik układu zasilania LPG. W obudowie modułu filtrującego są umieszczone czujniki ciśnienia oraz

temperatury LPG w fazie gazowej. Sygnały z tych czujników są wykorzystywane do korekty dawki paliwa LPG wynikającej ze zmian jego gęstości pod wpływem zmian temperatury gazu oraz wahań ciśnienia na wyjściu z reduktora, występujących przy zmianach natężenia przepływu gazu. Sygnał ciśnienia jest wykorzystywany również w celu zapewnienia właściwej pracy układu zasilania LPG w przypadku spadku ciśnienia zasilania reduktora. Jeżeli sterownik układu zasilania LPG stwierdzi spadek ciśnienia poniżej wartości minimalnej, aby nie dopuścić do zubożenia mieszanki, przełącza zasilanie na benzynę.

Sterowanie dawką wtryskiwanego gazu jest identyczne jak w przypadku wtrysku benzyny, czyli jest realizowane przez zmianę czasu otwarcia wtryskiwacza gazu LPG. Sterownik układu LPG wykorzystuje sygnały sterujące wtryskiwaczami benzyny do sterowania dawką paliwa wtryskiwaną przez wtryskiwacz LPG. Współpraca sterownika LPG z elektroniką silnika jest jednostronna. Sterownik LPG, wykorzystując sygnały sterownika silnika, precyzyjnie odtwarza dawkę niezbędną po zmianie rodzaju paliwa, tak aby sterownik silnika nie wykrył, że steruje wtryskiem nie benzyny lecz paliwa gazowego. Na podstawie sygnałów sterujących wtryskiwaczami benzyny sterowanie wtryskiwaczami gazu odbywa się oddzielnie dla każdego cylindra. Sterownik LPG odłącza sterowanie wtryskiwaczami benzyny i odłączony sygnał z każdego wtryskiwacza oddzielnie wykorzystuje do wyznaczenia czasu otwarcia wtryskiwacza gazu.

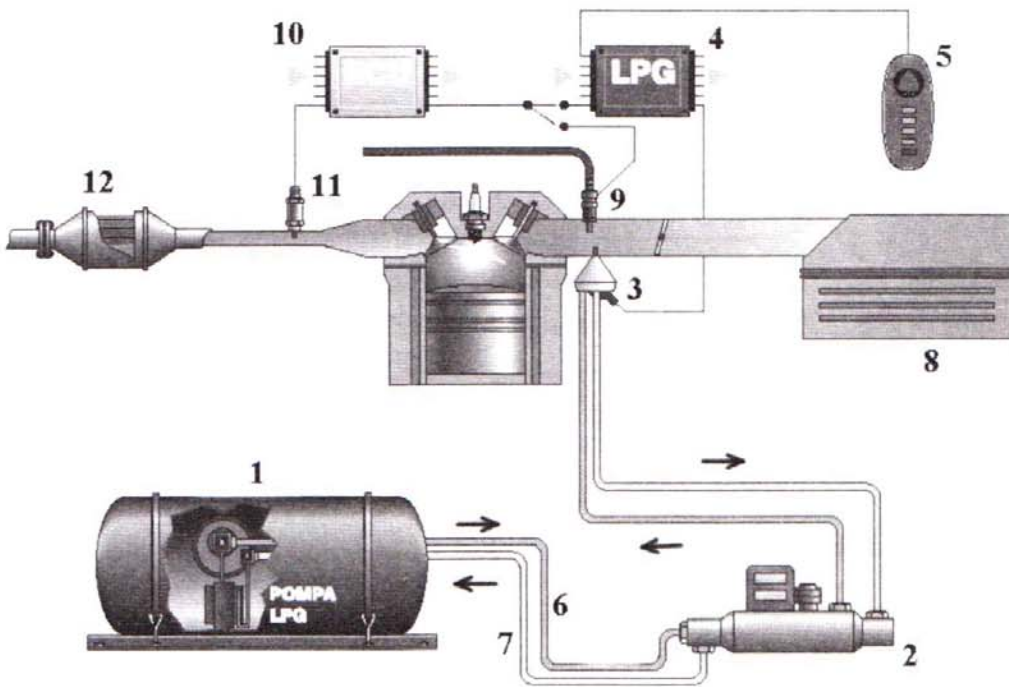
Sterowanie wtryskiem gazu LPG wymaga:

- pomiaru czasu sygnału sterującego wtryskiwaczem benzyny,
- przetworzenia sygnału na sygnał sterujący wtryskiwaczem LPG,
- synchronizacji otwarcia wtryskiwaczy – benzyny i LPG.

Podczas przetwarzania sygnału sterującego wtryskiwaczem benzyny jest dokonywana korekcja uwzględniająca charakterystykę dawkowania wtryskiwacza LPG. Między charakterystykami pracy wtryskiwaczy gazu i benzyny występują różnice, wynikające z różnych form, w jakich wtryskiwacze dozują te paliwa – benzyna jest cieczą, a gaz – fazą lotną. Dla każdego silnika jest przygotowywane dedykowane oprogramowanie, dzięki któremu sterownik LPG prawidłowo steruje wtryskiwaczami gazu.

Wtrysk gazu powinien odbywać się w tej samej chwili, w której następuje wtrysk benzyny dla każdego cylindra (synchronizacja wtrysku gazu z wtryskiem benzyny).

Wtryskiwacze LPG działają na identycznej zasadzie jak wtryskiwacze benzyny. Objętość jednostki masy paliwa LPG w fazie gazowej jest większa niż objętość benzyny w fazie ciekłej o tej samej masie. Z tego powodu stosowane wtryskiwacze LPG odznaczają się dużymi przekrojami przepływu paliwa, a więc i dużymi wymiarami. Wiąże się to z dużą masą elementów wykonawczych i występowaniem odpowiednio dużych sił bezwładności. Wtryskiwacz LPG powinien charakteryzować się dobrymi właściwościami dynamicznymi, czyli szybko i w sposób powtarzalny ma się otwierać i zamykać. Osiąga się to dzięki odpowiedniej konstrukcji wtryskiwacza, jak również właściwemu sterowaniu



**Rys. 1.101.** Schemat instalacji wtrysku fazy ciekłej LPG [13]

1 – zbiornik paliwa LPG wraz z pompą, 2 – regulator ciśnienia, 3 – wtryskiwacz LPG, 4 – sterownik układu zasilania LPG, 5 – przełącznik wyboru paliwa, 6 – przewód dopływu LPG, 7 – przewód powrotny LPG, 8 – filtr powietrza, 9 – wtryskiwacz benzyny, 10 – sterownik silnika, 11 – sonda lambda, 12 – reaktor katalityczny

jego otwieraniem i zamykaniem. Czas otwarcia wtryskiwacza LPG, choć jest to trudne ze względu na inną formę wtryskiwanego paliwa, powinien być bliski czasowi otwarcia wtryskiwacza benzyny.

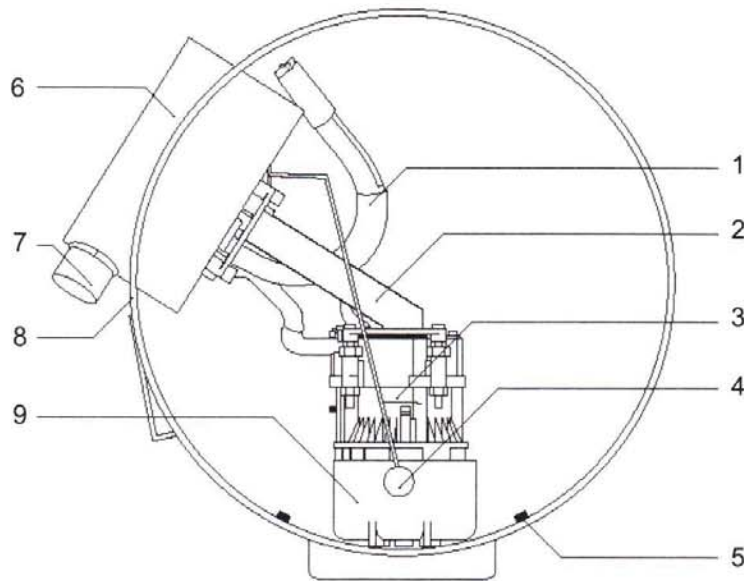
### Układ zasilania IV generacji wtrysku LPG w fazie ciekłej

Schemat instalacji wtrysku paliwa LPG w fazie ciekłej przedstawiono na rysunku 1.101. Jest ona przeznaczona do zasilania silników wyposażonych w wielopunktowy wtrysk benzyny i stanowi instalację dedykowaną, przewidzianą do danego typu silnika.

Głównymi elementami układu wtrysku paliwa LPG w fazie ciekłej są:

- pompa paliwa,
- regulator ciśnienia,
- wtryskiwacze LPG,
- elektronika sterująca.

Pompa ciekłego LPG jest umieszczona w ciśnieniowym zbiorniku paliwa gazowego (rys. 1.102). Jest to pompa przeponowa, napędzana silnikiem elektrycznym zasilanym prądem przemiennym o regulowanej częstotliwości, dzięki czemu jest możliwe sterowanie jego prędkością obrotową. Zmiana prędkości obrotowej umożliwia regulację wydajności pompy przez sterownik instalacji LPG w zależności od chwilowego zapotrzebowania na paliwo. Pompa tłoczy paliwo pod dużym ciśnieniem do regulatora ciśnienia, odpowiedzialnego za utrzymywanie ciśnienia gazu LPG w instalacji na żądanym poziomie. Nadmiar tłoczonego paliwa jest odprowadzany z powrotem do zbiornika.

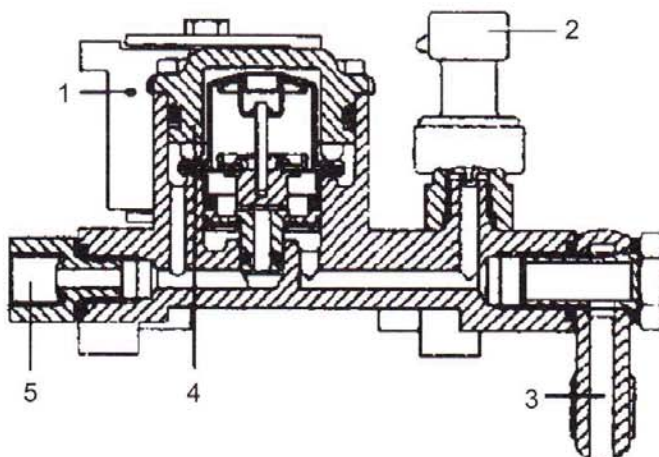


**Rys. 1.102.** Pompa LPG umieszczona w zbiorniku [13]

1 – przewód odpowietrzający, 2 – wspornik pompy, 3 – pompa LPG, 4 – pływak zaworu ograniczającego napełnienie zbiornika do 80% pojemności, 5 – magnes, 6 – korpus zaworu wielofunkcyjnego, 7 – otwór służący do przeprowadzenia przewodów gazowych od wlewu LPG i zasilającego, 8 – zbiornik LPG, 9 – obudowa silnika elektrycznego pompy

Pompa jest zabezpieczana zaworem przelewowym przed nadmiernym wzrostem ciśnienia. Paliwo LPG w fazie ciekłej ma znikome właściwości smarne, dlatego części ruchome pompy są smarowane czynnikiem znajdującym się w obudowie pompy. Ze względu na niekorzystne oddziaływanie paliwa LPG na silnik elektryczny pompy jest on umieszczony w szczelnej obudowie, która ma wyprowadzenie odpowietrzenia ponad lustro fazy ciekłej LPG.

Parowanie paliwa LPG zależy od jego ciśnienia i temperatury. W celu uniknięcia przechodzenia fazy ciekłej w gazową w przewodach paliwa na skutek ich nagrzewania ciśnienie fazy ciekłej LPG, po opuszczeniu zbiornika, jest zwiększane o 0,5 MPa powyżej ciśnienia panującego w zbiorniku. Ponadto podwyższenie ciśnienia zasilania umożliwia zmniejszenie wymiarów wtryskiwaczy. Za utrzymywanie nadciśnienia w instalacji względem ciśnienia panującego w zbiorniku jest odpowiedzialny regulator ciśnienia (rys. 1.103). Elementem regulacyjnym jest umieszczony w nim sprężynowy zawór upustowy. Sprężyna tego zaworu jest tak dobrana, że otwiera się on po przekroczeniu różnicy ciśnień wynoszącej 0,5 MPa. Przed tym zaworem jest zamontowany czujnik ciśnienia połączony ze sterownikiem LPG.



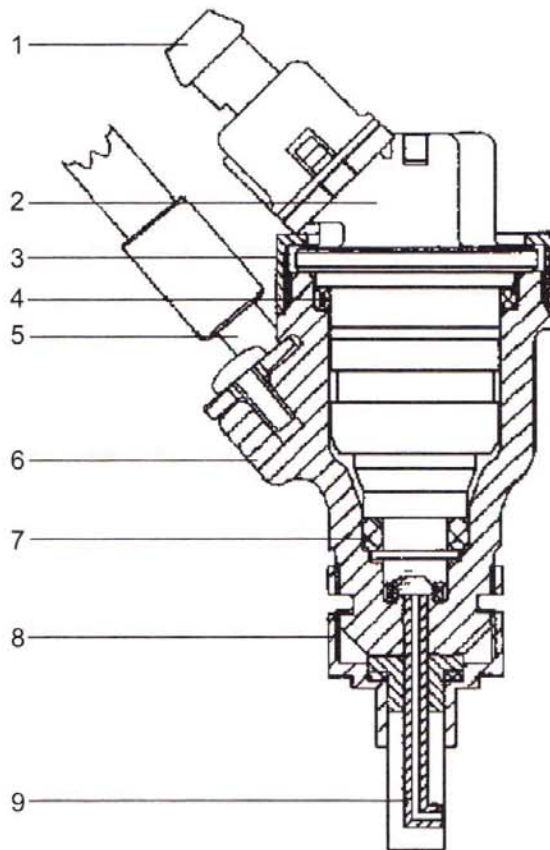
**Rys. 1.103.** Przekrój regulatora ciśnienia [13]

1 – elektrozawór, 2 – czujnik ciśnienia LPG, 3 – króciec powrotu LPG od wtryskiwaczy, 4 – zawór regulujący ciśnienie, 5 – króciec powrotu LPG do zbiornika

Zasada działania wtryskiwacza LPG w fazie ciekłej (rys. 1.104) praktycznie jest taka sama jak wtryskiwacza benzyny. Różnicą jest jedynie ciśnienie w układzie zasilania. W przypadku układu LPG ciśnienie to może osiągnąć 3 MPa, czyli jest kilkakrotnie wyższe od panującego w układach zasilania benzyną. Wtryskiwacz LPG w fazie ciekłej musi zatem charakteryzować się dużą siłą podnoszącą iglicę. Podniesienie iglicy wtryskiwacza wymaga pokonania siły sprężyny oraz ciśnienia w układzie zasilania. W celu uzyskania dużej siły podnoszącej iglicę cewka wtryskiwacza LPG ma rezystancję mniejszą niż  $2 \Omega$  i jest zasilana prądem o natężeniu ok. 8 A, natomiast do podtrzymania otwarcia wtryskiwacza wystarcza niższe natężenie prądu. Ograniczenie natężenia prądu po otwarciu wtryskiwacza zapobiega nagrzewaniu się cewki, które niekorzystnie wpływa na fazę ciekłą LPG. Kryterium doboru wtryskiwacza do silnika jest wydatek wtryskiwacza LPG w stosunku do wydatku wtryskiwacza benzyny. Czas wtrysku benzyny powinien być dłuższy niż czas wtrysku LPG przy tych samych parametrach pracy silnika, przy najniższym założonym ciśnieniu paliwa gazowego. Zapewnia to możliwość dostarczania LPG w ilości odpowiadającej zapotrzebowaniu silnika. Gdyby warunek ten nie był spełniony, wówczas przy pełnej mocy silnika, kiedy wtryskiwacz benzyny jest otwarty cały czas, wtryskiwacz LPG musiałby być otwarty dłużej niż benzynowy, co nie jest możliwe.

Istotnym zagadnieniem jest sposób zamontowania wtryskiwacza LPG w kolektorze dolotowym. Wtrysk fazy ciekłej powoduje, że LPG przechodząc przez dyszę wtryskiwacza, rozpręża się do ciśnienia panującego w kolektorze dolotowym, co powoduje gwałtowne parowanie ciekłego LPG i odprowadzanie znacznych ilości ciepła (oziębienie miejsca wtrysku). Najkorzystniejszym położeniem wtryskiwacza jest jego umieszczenie umożliwiające wtrysk paliwa LPG bezpośrednio na zawór dolotowy. Wtedy czas przebywania paliwa w kolektorze dolotowym jest najkrótszy. Najczęściej wtryskiwacze osadza się w gniazdach specjalnie wykonywanych w ściankach kolektora dolotowego.

Elektroniczny sterownik układu wtryskowego LPG realizuje następujące funkcje:



**Rys. 1.104.** Przekrój wtryskiwacza LPG [13]

1 – złącze elektryczne, 2 – wtryskiwacz, 3 – pierścień mocujący, 4 – uszczelniacz, 5 – doprowadzenie LPG, 6 – oprawa wtryskiwacza, 7 – uszczelniacz, 8 – adapter, 9 – końcówka wtryskiwacza

- sterowanie pracą wtryskiwaczy LPG – przetwarzanie czasu otwarcia wtryskiwaczy benzyny na czas otwarcia wtryskiwaczy LPG, z uwzględnieniem korekcji ciśnienia paliwa oraz napięcia w instalacji elektrycznej samochodu;
- sterowanie przełączaniem paliwa – rozruch silnika odbywa się zawsze przy zasilaniu benzyną, natomiast przełączenie na LPG następuje po nagraniu silnika. Przełączenie może być dokonane również ręcznie, przez kierowcę. W przypadku braku wystarczającego ciśnienia LPG (brak paliwa w zbiorniku), sterownik przełącza zasilanie na benzynę;
- zasilanie i sterowanie prędkością obrotową silnika pompy paliwa, czyli sterowanie jej wydatkiem;
- zamykanie zaworów LPG w przypadku wyłączenia silnika;
- odcięcie wtryskiwaczy benzyny – emulator wtrysku.

Gazowa instalacja zasilająca IV generacji oparta na wtrysku fazy ciekłej stanowi szansę na dostosowanie do zasilania LPG silników o bezpośrednim wtrysku benzyny. Trudnością, ograniczającą zastosowanie tego typu układu gazowego, jest konieczność stosowania pompy paliwa, która nie występuje w instalacjach wtrysku fazy gazowej. Wtrysk fazy ciekłej odznacza się wieloma korzystnymi cechami. Jedną z nich jest uniezależnienie pracy instalacji LPG od niskich temperatur otoczenia i związanego z tym spadku ciśnienia w zbiorniku paliwa gazowego. W układach wtrysku fazy ciekłej zmiana składu frakcyjnego paliwa LPG w znacznie mniejszym stopniu wpływa na dawkowanie fazy ciekłej LPG niż gazowej, zatem w mniejszym stopniu oddziałuje na korekcję nastaw sterownika silnika przy zasilaniu silnika paliwem LPG.

#### 1.4.6. Elementy układów zasilania LPG

Elementy układów zasilania LPG, których zadaniem jest przechowywanie paliwa pod ciśnieniem i dawkowanie go do silnika samochodu w bezpośredniej bliskości ludzi, są źródłem zagrożenia i z tego względu podlegają obowiązkowi spełnienia norm bezpieczeństwa. Przepisy dotyczące układu zasilania gazem LPG obowiązujące w Polsce mają źródło w międzynarodowych normach bezpieczeństwa, jednolitych dla wszystkich przyjmujących je krajów. Dowodem spełnienia minimalnych wymagań jest świadectwo homologacji, upoważniające producenta do oznaczenia wyrobu znakami homologacyjnymi i wprowadzenia go do sprzedaży.

##### **Zbiornik paliwa LPG**

Wielkość, kształt i miejsce mocowania zbiornika LPG nie mają wpływu na pracę układu zasilania gazem. Dobór zbiornika jest ograniczony konstrukcją samochodu oraz wymaganiami zabudowy zbiornika LPG. Decyzja o wielkości i miejscu montażu zbiornika paliwa gazowego wpływa na komfort używania samochodu.

Mając na uwadze większe, w porównaniu z benzyną, zużycie paliwa LPG oraz chęć zachowania zasięgu samochodu zasilanego LPG zbliżonego do

uzyskiwanego przy zasilaniu benzyną, zbiornik paliwa LPG powinien mieć około 1,5 razy większą pojemność niż zbiornik benzyny. Zbyt duży zbiornik LPG zwiększa jednak masę pojazdu oraz zajmuje znaczną powierzchnię użytkową (zbiornik LPG jest dodatkowym zbiornikiem paliwa).

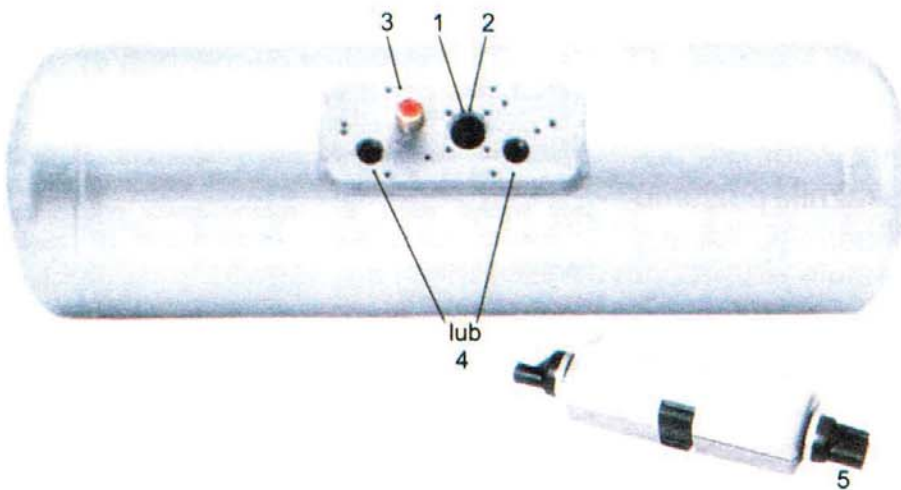
Zbiorniki LPG mają zwykle kształt walcowy lub toroidalny. Zbiornik toroidalny montuje się najczęściej w miejscu koła zapasowego. Zaletą tego rozwiązania jest niezajmowanie miejsca w bagażniku przez zbiornik. Zbiorniki walcowe montuje się w różny sposób, np. w poprzek samochodu za oparciem tylnego siedzenia, wzdłużnie w bagażniku, wzdłuż samochodu za wnęką tylnego koła. Zbiornik paliwa LPG nie może być montowany w bagażniku w przedniej części pojazdu.

### Osprzęt zbiornika LPG

Ze względu na właściwości gazu LPG i konieczność spełnienia wymagań związanych z transportem gazu w samochodzie, zgodnie z obowiązującymi przepisami zbiorniki LPG muszą być wyposażone w następujący osprzęt:

- mechanizm ograniczający stopień napełnienia zbiornika paliwa fazą ciekłą,
- zawór zwrotny,
- zawory odcinające,
- wskaźnik poziomu gazu,
- nadciśnieniowy zawór bezpieczeństwa,
- elektromagnetyczny zawór odcinający.

Podane elementy mogą być wykonane w formie jednego zespołu łączącego wszystkie niezbędne funkcje, zwanego zaworem wielofunkcyjnym lub wielozaworem, montowanego do kołnierza znajdującego się na zbiorniku LPG. W odmiennym rozwiązaniu każde z urządzeń ma własne gniazdo na płycie wykonanej w zbiorniku paliwa gazowego, nazywanej płytą armaturową (holenderską) – rysunek 1.105. Zawór wielofunkcyjny (wielozawór), zawierający poszczególne elementy armatury zbiornika LPG, przedstawiono na rysunku 1.106.



**Rys. 1.105.** Zbiornik LPG z płytą holenderską [39]

1 – zawór ograniczający napełnienie, 2 – wskaźnik poziomu paliwa, 3 – nadciśnieniowy zawór bezpieczeństwa, 4 – samoczynny zawór odcinający zbiornika z zaworem ograniczającym wypływ gazu, 5 – gaszczelna obudowa osprzętu zbiornika

Faza ciekła paliwa LPG odznacza się względnie dużą rozszerzalnością temperaturową i niewielką ściśliwością. Podczas eksploatacji temperatura zbiornika LPG ulega zmianie, co powoduje zmianę objętości fazy ciekłej LPG zawartej w zbiorniku. Dlatego ze względu na bezpieczeństwo użytkownika zbiorniki gazu LPG napełnia się paliwem w fazie ciekłej tylko do 80% pojemności. Odpowiednie maksymalne napełnienie zapewnia zawór ograniczający stopień napełnienia zbiornika.

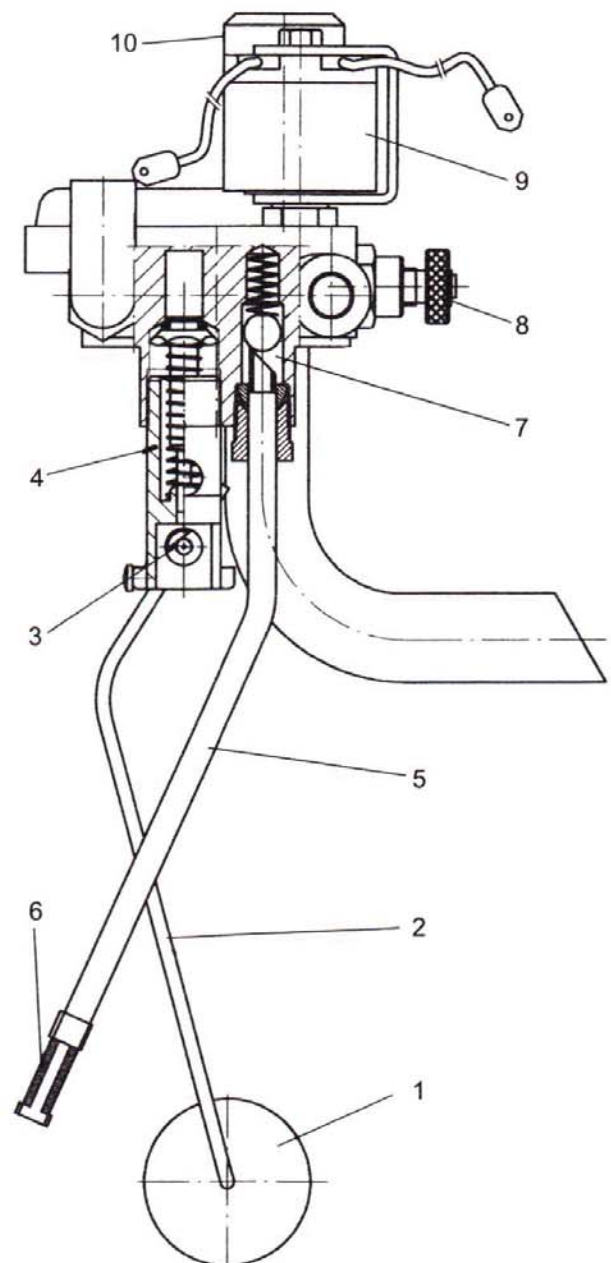
Zadaniem zaworu zwrotnego jest ograniczenie natężenia wypływu paliwa ze zbiornika, np. w przypadku mechanicznego uszkodzenia przewodu gazowego między wielozaworem i reduktorem, do wartości określonej w przepisach.

Wielozawór jest wyposażony w dwa zawory odcinające o sterowaniu ręcznym, umożliwiające zamknięcie obu kanałów: tankowania i zasilania. Zamknięcie zaworów powoduje odcięcie zbiornika LPG od urządzeń zewnętrznych. Zawory odcinające wykorzystuje się podczas czynności serwisowych lub w przypadku utraty szczelności układu zasilania LPG.

Wskaźnik poziomu paliwa wykorzystuje mechanizm pływaka z ramieniem, który porusza wewnątrz zbiornika paliwa magnes stały. Wskaźniki poziomu paliwa LPG nie są dokładne (wskazują wartości orientacyjne).

Nadciśnieniowy zawór bezpieczeństwa jest zaworem nadmiarowym, który otwiera się po przekroczeniu zadanego ciśnienia i zamyka, gdy ciśnienie spada. Zawór powoduje wypływ fazy gazowej LPG ze zbiornika do osłony gazoszczelnej i dalej przewodem na zewnątrz pojazdu.

Elektromagnetyczny zawór odcinający stosuje się na wylocie paliwa LPG z wielozaworu, wspólnie z zaworem ograniczającym wypływ ze zbiornika. Umożliwia on zamknięcie wypływu LPG ze zbiornika w chwili wyłączenia zapłonu silnika.



**Rys. 1.106.** Zawór wielofunkcyjny [13]

1 – pływak, 2 – ramię pływaka, 3 – oś ramienia pływaka, 4 – zawór ograniczający napełnienie, 5 – rurka poboru paliwa, 6 – filtr siatkowy, 7 – zawór ograniczający wypływ gazu, 8 – ręczny zawór odcinający, 9 – elektromagnetyczny zawór odcinający, 10 – zawór bezpieczeństwa

### 1.4.7. Obsługa instalacji gazowych LPG

Sprawne działanie układów zasilania gazem LPG wymaga przeglądów przeprowadzanych zgodnie z systematyką przewidzianą dla danego typu instalacji gazowej. W urządzeniach gazowych gromadzą się osady, a zużywające się elementy zmieniają swoją charakterystykę, co wpływa na zmianę parametrów pracy silnika. Systematyka przeglądów instalacji gazowych opisuje przebiegi oraz czasy eksploatacji, po upływie których należy wykonać zróżnicowane zakresy czynności. Zwykle przeglądy techniczne instalacji gazowych zaleca się wykonywać co 15 tys. km lub co roku. W zależności od rodzaju generacji instalacji gazowej przeglądy różnią się zakresem wymaganych czynności.

Obsługa instalacji gazowej obejmuje podstawowy zakres czynności, jednakowy dla wszystkich generacji oraz czynności specyficzne dla poszczególnych generacji.

Podstawowy zakres czynności obsługowych, niezależny od generacji instalacji LPG, zawiera:

- oględziny zewnętrzne silnika, a zwłaszcza układu paliwowego, zapłonowego i instalacji elektrycznej,
- kontrolę mocowania elementów instalacji gazowej,
- kontrolę stanu filtra powietrza,
- wymianę filtra LPG (fazy ciekłej),
- spuszczenie osadu z reduktora-parownika i sprawdzenie jego szczelności,
- sprawdzenie szczelności instalacji gazowej,
- regulację biegu jałowego (jeśli to możliwe) i dokonanie analizy spalin.

W przypadku instalacji LPG II generacji zakres czynności kontrolnych obejmuje dodatkowo:

- sprawdzenie pracy gazowego układu zasilania za pomocą testera lub komputera diagnostycznego,
- programowanie układu sterującego.

W przypadku wtrysku gazu (IV generacja), poza podstawowymi czynnościami, należy dodatkowo wykonać:

- wymianę filtra paliwa fazy gazowej,
- wymianę filtra LPG (fazy ciekłej) w reduktorze-parowniku,
- demontaż i czyszczenie zaworu odcinającego na reduktorze,
- sprawdzenie ciśnienia gazu na reduktorze-parowniku (ewentualnie regulacja).

Oględziny zewnętrzne i sprawdzenie mocowania elementów są czynnościami przeglądowymi, mającymi zapobiec pojawieniu się niesprawności w dalszej eksploatacji instalacji gazowej silnika. Wymiana filtrów jest związana z koniecznością zachowania czystości paliwa i powietrza, tworzących mieszankę spalaną w silniku. W reduktorze podczas eksploatacji instalacji gazowej gromadzą się zanieczyszczenia utrudniające działanie przepon i innych ruchomych elementów (w skrajnych przypadkach następuje ich zablokowanie). Dlatego okresowo, w ramach czynności obsługowych, spuszcza się z reduktora nagromadzone w nim osady. W wyniku działania tych osadów przepony z upływem czasu stają

się sztywne oraz twarde i przy kolejnych przeglądach wymagają wymiany. Do sprawdzania szczelności instalacji gazowej stosuje się tester piankowy oraz detektor gazu. Czynność ta powinna być wykonywana bardzo starannie i z dużą dokładnością, bowiem szczelność instalacji ma podstawowy wpływ na bezpieczeństwo eksploatacji pojazdu.

Do stwierdzenia prawidłowości działania instalacji gazowej wyposażonej w elektroniczny układ sterowania jest niezbędne sprawdzenie parametrów jego pracy za pomocą testera-programatora lub przenośnego komputera. Informacje uzyskiwane podczas diagnostyki za pomocą testera lub komputera umożliwiają:

- sprawdzenie sygnałów dochodzących do gazowego układu sterującego ilością gazu,
- sprawdzenie prawidłowości działania czujników współpracujących z instalacją gazową (czujnik prędkości obrotowej silnika, czujnik temperatury silnika, sonda lambda),
- kontrolę pracy elementu wykonawczego (attuatora) układu gazowego,
- sprawdzenie poprawności pracy silnika na paliwie gazowym;
- wprowadzenie nowych ustawień (zaprogramowanie) lub uruchomienie dodatkowych funkcji układu.

W układach wtrysku gazu okresowo wymienia się filtr LPG w fazie gazowej, który zwykle ma wymienny wkład. Wszystkie czynności związane z wymianą filtra gazu oraz rozłączaniem złączy gazowych powodują wydostanie się na zewnątrz resztek gazu znajdujących się w przewodach. Dlatego też czynności te powinny być wykonywane przez uprawnione osoby (zachowanie procedur bezpieczeństwa) na przygotowanym do tego celu stanowisku warsztatowym (odpowiednia wentylacja). Przed demontażem złączy gazowych lub elementów instalacji, przez które przepływa LPG, znajdujący się w nich gaz powinien być „wypalony” przez silnik. Umożliwia to zminimalizowanie ilości gazu, który może wydostać się na zewnątrz podczas obsługi elementów instalacji gazowej. Czyszczenie elektromagnetycznego zaworu odcinającego w reduktorze zapobiega zakłóceniom w przepływie gazu przez reduktor.

Ciśnienie gazu płynącego przez reduktor do wtryskiwaczy powinno się sprawdzać, gdy w zbiorniku znajduje się odpowiednia ilość LPG (minimum 1/3 jego pojemności). Parametr ten ocenia się zarówno w czasie pracy na biegu jałowym, jak i pod obciążeniem silnika. Jeśli ciśnienie nie zawiera się w wymaganych przedziałach wartości, dokonuje się regulacji reduktora.

Przy kolejnych przeglądach, zależnych od rodzaju instalacji, sprawdza się prawidłowość działania wtryskiwaczy. Niewłaściwa praca wtryskiwaczy, stwierdzona podczas wykonywania procedur sprawdzających, stanowi podstawę do użycia zestawu serwisowego i wymiany zużytych elementów. Naprawa ta powoduje jednak naruszenie ustawień fabrycznych wtryskiwaczy, dlatego wymaga dodatkowego sprawdzenia równomierności przepływu gazu na poszczególnych sekcjach i ewentualnej ich regulacji. Operację tę, nazywaną kalibracją wtryskiwaczy, wykonuje się na specjalistycznym stanowisku diagnostycznym do kontroli pracy wtryskiwaczy.