

Instalacje zasilania gazem

Marek Flekiewicz

Wydawnictwo INSTALATOR POLSKI

PREZES mgr Władysław Polesiński

REDAKTOR NACZELNY mgr inż. Krzysztof Trzeciak
e-mail: k.trzeciak@automotoserwis.com.pl

SEKRETARZ REDAKCJI mgr inż. Elżbieta Woźniak
e-mail: e.wozniak@automotoserwis.com.pl

ADRES REDAKCJI ul. Konieczynowa 11, 03-612 Warszawa
tel. 678-64-90, fax 679-71-01
www.automotoserwis.com.pl

REKLAMA

Dyrektor ds. Marketingu i Reklamy

Grażyna Kalużyńska

Specjalista ds. Reklamy

Magdalena Dyszy tel. 678-37-33

e-mail: m.dyszy@automotoserwis.com.pl

PRENUMERATA: tel. 678-38-05

GRAFIKA I ŁAMANIE: MAT-Andrzej Glanda

DRUK: TAURUS, Kazimierów 13 k. Halinowa

Systemy zasilania gazem stały się w Polsce w ostatnich latach bardzo popularne. Niska cena gazu obniża koszt eksploatacji samochodu osobowego, co umożliwia użytkownikowi bardziej intensywne jego wykorzystanie. Ponadto paliwa gazowe, ze względu na mniejszą zawartość węgla w cząsteczkach, charakteryzują się znacznie niższą emisją toksycznych składników spalin, tym samym są przyjazne dla środowiska. Systemy zasilania gazem zapewniają także większy komfort jazdy, np. w rezultacie zwiększenia elastyczności silnika oraz obniżenia poziomu hałasu.

Paliwa gazowe, ze względu na swoje właściwości fizykochemiczne, są bardziej wymagające jeśli chodzi o:

- ▶ stan techniczny silnika
- ▶ prawidłowość działania układu zapłonowego i układu zasilania
- ▶ szczelność układu dolotowego i wydechowego

Mając na uwadze te zagadnienia w opracowaniu przedstawiono:

- ✓ podstawowe informacje o zastosowaniu gazu do zasilania silników spalinowych
- ✓ zasady adaptacji pojazdów wraz z instrukcjami montażu elementów i urządzeń
- ✓ schematy połączeń urządzeń i elementów instalacji oraz podstawowe zasady ich diagnostyki i naprawy
- ✓ procedury regulacji silników zasilanych gazem

W opracowaniu uwzględniono zarówno doświadczenia zebrane w trakcie prac projektowych urządzeń i elementów gazowych instalacji zasilających, doświadczeń będących wynikiem prac adaptacyjnych, jak i tych, które są związane z diagnostyczną pracą warsztatową.

Opracowanie jest skierowane do tej grupy osób, które zajmują się profesjonalnie adaptacją pojazdów do zasilania gazem. Będzie również pomocne dla tych, którzy prowadzą naprawy i obsługę pojazdów, a zamontowana instalacja gazowa jest dla nich zasadniczą przeszkodą we właściwym wnioskowaniu o stanie technicznym silnika.

Autor ma nadzieję, że przewodnik ten przeniesie satysfakcję wszystkim zainteresowanym problemami wykorzystania propanu i butanu oraz gazu ziemnego do zasilania silników spalinowych.

Marek Flekiewicz
Wydział Transportu
Politechniki Śląskiej w Katowicach

Spis treści

Wprowadzenie	7
1. Alternatywne paliwa gazowe	9
1.1. Właściwości paliw gazowych	9
1.2. Porównanie właściwości paliw alternatywnych	10
1.3. Ogólna charakterystyka pracy silnika na paliwach gazowych	10
1.4. Ogólne informacje dotyczące paliwa LPG	12
2. Elementy klasycznego systemu zasilania gazem	14
2.1. Parownik - regulator ciśnienia	15
2.1.1. Zasada działania parownika-regulatora ciśnienia gazu	16
2.1.2. Zasada montażu reduktora	19
2.1.3. Możliwe uszkodzenia i sposoby ich usuwania	20
2.2. Kontrola stanowiskowa parownika-regulatora ciśnienia	21
2.2.1. Demontaż i montaż komory 1. stopnia redukcji parownika-regulatora ciśnienia	23
2.2.2. Demontaż elektrozaworu odcinającego (parownik-regulator typu G79 se)	24
2.2.3. Demontaż komory regulacyjnej i komory odciążającej w parowniku regulatorze G79	24
2.2.4. Procedury kontrolne realizowane w trakcie montażu reduktora (parownika-regulatora ciśnienia G79 i G79 se)	25
2.3. Mieszalnik gazu i powietrza	26
2.3.1. Zalecenia montażowe	28
2.3.2. Usuwanie przyczyn niesprawności	28
2.4. Regulator przepływu	28
2.5. Zawory odcinające	29
2.5.1. Zalecenia montażowe dotyczące zaworu odcinającego dopływ gazu	30
2.5.2. Uszkodzenia zaworu gazowego	30
2.5.3. Zalecenia montażowe dotyczące elektrozaworu paliwowego	30
2.5.4. Uszkodzenia elektrozaworu benzynowego	31
2.6. Zawór zwrotny paliwowy	31
2.6.1. Instrukcja montażu	31
2.7. Przewody wysokociśnieniowe	31
2.7.1. Instrukcja montażu przewodów wysokociśnieniowych	32
2.7.2. Połączenia - złącza przewodów	32
2.8. Zbiornik, ramka zbiornika i inne elementy związane ze zbiornikiem	32
2.8.1. Ramka zbiornika	36
2.8.2. Instrukcja montażu zbiornika	36
2.8.3. Zewnętrzny wlew paliwa	37
2.8.4. Weryfikacja uszkodzeń	38
2.9. Specjalna procedura opróżniania zbiornika	39
3. Adaptacja pojazdu do zasilania gazem z wykorzystaniem klasycznej instalacji zasilającej	40
3.1. Adaptacja silników z systemem wtrysku K i KE-Jetronic	40
3.1.1. Podciśnieniowe urządzenie uchylające klapę spiętrzącą	41
3.1.2. Mieszalniki w układach K i KE-Jetronic z przepływomierzami górnossącymi	42
3.1.3. Mieszalniki w układach K i KE-Jetronic z przepływomierzami dolnossącymi	42
3.1.4. Wyłączanie zasilania benzyną	43
3.2. Adaptacja silników z systemem wtrysku LH-Jetronic	44
3.2.1. Sposób montażu urządzenia odcinającego dopływ gazu do mieszalnika	44
3.2.2. Przekaznik odcinający dopływ paliwa	44
3.2.3. Stałe ograniczenie przepływu	44
3.3. Przełączanie zasysania powietrza lato-zima	45
4. Systemy elektronicznego sterowania przepływem gazu	46
4.1. Zasady regulacji składu mieszanki	46
4.2. Regulacja przepływu gazu	48
4.2.1. Charakterystyka układu regulacji przepływu gazu	49

4.2.2. Regulator przepływu	49
4.3. Połączenia elektryczne	50
4.4. Przełącznik rodzaju zasilania	50
4.5. Symulacja pracy sondy lambda	51
4.6. Urządzenia pomocnicze	51
4.6.1. Symulatory wtryskiwaczy	51
4.6.2. Stabilizatory biegu jałowego	52
4.6.3. Korektory kąta wyprzedzenia zapłonu	52
4.7. Diagnostyka układów regulacji przepływu gazu	53
4.8. Emisja spalin samochodów zasilanych alternatywnie gazem, z wykorzystaniem klasycznych układów zasilania z regulacją przepływu gazu	54
5. System OBD a zasilanie gazem	55
5.1. Geneza OBD	55
5.2. Podstawowe założenia algorytmów kontroli stanu pracy silnika	55
5.3. System OBD w odniesieniu do paliw alternatywnych	55
5.4. Rozwiązania konstrukcyjne umożliwiające prawidłową współpracę systemów zasilania benzyną i gazem	56
6. System zasilania nadciśnieniowego	58
6.1. Elementy składowe systemu ETAGAS	58
6.1.1. Reduktor i dystrybutor - zasada działania	59
6.2. Uwagi dotyczące montażu systemu ETAGAS	60
6.2.1. Układ hydrauliczny	60
6.2.2. Instalacja elektryczna	60
6.3. Silnik krokowy - budowa i działanie	61
6.4. Uruchamianie silnika oraz zmiana rodzaju paliwa zasilającego	63
6.5. Układ elektryczny	63
6.5.1. Urządzenie sterujące	63
6.6. Regulacja układu zasilania	64
6.6.1. Pierwsze uruchomienie systemu ETAGAS	64
7. Wtryskowy system zasilania gazem	65
7.1. Elementy układu hydraulicznego	67
7.2. Zasada działania	68
7.3. Wyniki badań samochodów wyposażonych w systemy wtrysku gazu w fazie ciekłej	69
Literatura	
Tablice	

Wprowadzenie

Montaż instalacji zasilania gazem w pojazdach wymaga dobrej znajomości nie tylko budowy i działania gazowej aparatury zasilającej, ale również podstawowych systemów zasilania stosowanych w nowoczesnych samochodach. Takie połączenie specjalistycznej wiedzy, zweryfikowanej doświadczeniem warsztatowym, zapewnia właściwe wykorzystanie zalet zasilania gazem oraz bezpieczną pracę instalacji.

Biorąc pod uwagę proces adaptacji pojazdu można przyjąć, że powinien on obejmować etapy:

- ✗ ocenę możliwości adaptacji pojazdu połączonej z określeniem stanu technicznego silnika
- ✗ dobór konfiguracji aparatury zasilającej
- ✗ zabudowę elementów i urządzeń w pojeździe
- ✗ sprawdzenie poprawności działania instalacji gazowej oraz prawidłowego współdziałania gazowego i benzynowego układu zasilania
- ✗ badanie techniczne pojazdu w zakresie ustalonym dla uprawnionej stacji kontroli pojazdów

Ocena możliwości adaptacji pojazdu do zasilania LPG

W ostatnich latach obserwujemy bardzo dynamiczny rozwój systemów zasilania silników spalinyowych. Rozwój ten jest następstwem przyjętego na świecie, w tym także i w Europie, kalendarza wprowadzania kolejnych norm ograniczających dopuszczalny poziom emisji spalin i systemów diagnostyki pokładowej. Zmiany w konstrukcji tych systemów obejmują przede wszystkim optymalizację procesu spalania paliwa płynnego, jakim jest benzyna i w konsekwencji stanowią dużą przeszkodę w procesie adaptacji pojazdu do zasilania gazem.

Obecnie w procesie adaptacji pojazdu mogą być wykorzystywane następujące systemy zasilania gazem:

- ✗ klasyczny, bez lub z regulacją przepływu gazu
 - ✗ nadciśnieniowy (zasilanie fazą odparowaną przez dysze lub wtryskiwacze elektromagnetyczne)
 - ✗ wtrysku fazy ciekłej (dla LPG i LNG)
 - ✗ wtrysku gazu (dla sprężonego gazu ziemnego)
- Najbardziej rozpowszechniony w Polsce jest system klasyczny z regulacją przepływu gazu. Możli-

wość jego wykorzystania jest jednak coraz bardziej ograniczona, a zasadniczymi przeciwwskazaniami do jego zabudowy są m.in.:

- ✗ układy dolotowe z doładowaniem dynamicznym, wraz układami o zmiennej długości czynnej
- ✗ systemy turbodoładowania
- ✗ układy intensywnego podgrzewania zespołu przepustnic dolotu lub kolektora dolotowego
- ✗ zmienne fazy rozrządu
- ✗ specjalne rozwiązania konstrukcyjne głowicy oraz układu tłokowo-korbowego
- ✗ systemy OBD

Ocena możliwości adaptacji pojazdu do zasilania gazem jest najtrudniejszym etapem pracy zarówno projektanta, jak i montażysty. Etap ten wymaga nie tylko dużej wiedzy, ale również właściwego współdziałania z firmą opracowującą aplikacyjne rozwiązania konstrukcyjne systemów zasilania gazem. Współdziałanie to umożliwia znacznie szybszą ocenę możliwości adaptacji, a także określenia systemu, jaki można zabudować w danym samochodzie.

Ponieważ zastosowanie gazu jest możliwe jedynie w pojeździe, którego stan techniczny jest prawidłowy, ten sam etap powinien obejmować również ocenę aktualnego stanu pojazdu. W celu uzyskania rzeczywistego obrazu tego stanu należy sprawdzić:

- ✗ przebieg procesu spalania (ocena poziomu zawartości składników toksycznych w spalinach i porównanie z wartościami dopuszczalnymi)
- ✗ prawidłowość pracy układu zapłonowego (ocena wartości napięcia wtórnego, czasu spalania oraz kąta wyprzedzenia zapłonu)
- ✗ prawidłowość działania sondy lambda, potencjometru przepustnicy, gdy przewidujemy zastosowanie układu regulacji przepływu gazu

Wyniki uzyskane na tym etapie umożliwiają zakwalifikowanie, wyeliminowanie lub odłożenie w czasie adaptacji.

Dobór konfiguracji aparatury zasilającej

Kompletacja aparatury zasilającej obejmuje dobór dwóch zasadniczych grup urządzeń:

- ✗ urządzeń gazowej instalacji zasilającej, w jej części hydrauliczno-pneumatycznej (wlew paliwa,

zbiornik, osprzęt zbiornika, elektrozawór odcinający, reduktor, regulator ciśnienia oraz mieszalnik)

✗ urządzeń elektrycznych i elektronicznych (przełączniki rodzaju zasilania, regulatory przepływu gazu i różnego typu symulatory)

W przypadku pierwszej grupy urządzeń zasadnicze kryteria doboru to:

- ✗ zapotrzebowanie gazu przez silnik
- ✗ maksymalne dopuszczalne obciążenie pojazdu
- ✗ zapewnienie mieszaniny powietrzno-gazowej

o składzie stechiometrycznym (A/F dla LPG - 15,5/1, dla metanu 16,8/1, pod warunkiem, że nie wykorzystujemy układów regulacji)

Dla drugiej grupy urządzeń zasadniczym kryterium jest zapewnienie prawidłowej współpracy systemów zasilania gazem i benzyną.

Zabudowa gazowej instalacji zasilającej w pojeździe

Sposób instalowania zasadniczych urządzeń i elementów instalacji określa szczegółowo ustawa „Prawo o ruchu drogowym” wraz z przynależnymi jej rozporządzeniami ministra infrastruktury, które dotyczą warunków technicznych pojazdów, badań technicznych pojazdów oraz homologacji sposobu zabudowy instalacji gazowej na pojeździe.

Stosowanie się do tych uwarunkowań podczas prac adaptacyjnych zapewnia bezpieczeństwo eksploatacji samochodu przystosowanego do zasilania gazem.

Wytyczne te, ze zrozumiałych względów, nie określają rozmieszczenia urządzeń i elementów instalacji, nie wskazują również, w jaki sposób w pełni wykorzystywać paliwa gazowego. Ich zasadniczym celem jest bowiem wprowadzenie takich ograniczeń, które zapewnią bezpieczeństwo eksploatacji pojazdu zasilanego gazem. Ponadto warunki techniczne nie określają również zakresu i sposobu ingerencji w zastosowany fabrycznie układ zasilania paliwem bazowym. Dlatego też istotnym elementem w pracy montażysty jest współpraca z producentem aparatury zasilającej. Jedynie tą drogą można spełnić wymagania dotyczące zarówno kompletacji aparatury, jak i sposobu jej połączenia i rozmieszczenia w adaptowanym samochodzie.

Sprawdzenie poprawności działania instalacji gazowej i prawidłowości współdziałania systemów zasilania gazem i benzyną

Ten etap działania powinien obejmować następujące czynności:

✗ przeprowadzenie regulacji układu zasilania gazem

✗ sprawdzenie poprawności działania układu zasilania gazem w trakcie jazdy próbnej

✗ sprawdzenie współdziałania systemu zasilania gazem i benzyną

Regulacja układu zasilania gazem powinna zapewnić stechiometryczny skład mieszaniny powietrzno-gazowej w całym zakresie pracy silnika. Uzyskane poziomy składników toksycznych w spalinach, tzn. CO i HC, nie powinny przekraczać wartości ustalonych przez producenta pojazdu. Poziom CO₂, zarówno w przypadku LPG, jak i gazu ziemnego, powinien osiągnąć wartość niższą, zwłaszcza wtedy, gdy samochód jest wyposażony w katalizator. Pozytywne wyniki wstępnej regulacji umożliwiają przeprowadzenie jazdy próbnej, której celem jest ocena następujących parametrów charakteryzujących dynamikę samochodu:

✗ czasu przyspieszania na poszczególnych biegach

✗ ciągłości pracy silnika

✗ maksymalnej prędkości

Regulacja wstępna oraz jazda próbna umożliwiają sprawdzenie prawidłowości współdziałania obu systemów zasilania. Przeprowadzona niewłaściwie ingerencja w układ zasilania benzyną spowoduje bowiem pogorszenie pracy silnika podczas zasilania gazem. W systemach zasilania wyposażonych w układy sygnalizacji uszkodzeń zapali się lampka kontrolna sygnalizująca awarię. W systemach, które tej lampki nie mają, należy skorzystać z fabrycznych urządzeń diagnostycznych. Umożliwiają one szybkie ustalenie przyczyny złej pracy silnika, wskazując bardzo dokładnie miejsce popełnienia błędu w czasie adaptacji.

Nie wolno, jak to sugeruje wielu producentów systemów zasilania gazem, dokonywać całkowitego wyłączenia układu sygnalizacji awarii.

Badanie techniczne pojazdu zgodnie z wymogami homologacji sposobu zabudowy

Etapem kończącym proces adaptacji pojazdu jest przeprowadzenie badania technicznego pojazdu. Skomplikowaną i czasochłonną procedurę badania określają bardzo szczegółowo wytyczne zawarte w rozporządzeniu ministra infrastruktury dotyczącym badań technicznych pojazdów zasilanych paliwami gazowymi. Pozytywny wynik tego badania powinien znaleźć odzwierciedlenie w protokole zdawczo-odbiorczym pojazdu, umożliwiającym wydanie wyciągu ze świadectwa homologacji.

1. Alternatywne paliwa gazowe

Są dwie grupy paliw gazowych:

- ✗ gazy sprężone
- ✗ gazy skroplone

Podział ten jest związany ze sposobem ich magazynowania. Jeśli gaz jest w postaci lotnej, aby magazynować wystarczającą ilość energii w małej objętości, należy go sprężyć. Dużą koncentrację energii uzyskuje się dla paliw płynnych, dlatego rozwiązaniem może być skroplenie gazu. Nie zawsze jednak jest to proste i ekonomicznie uzasadnione.

Właściwie każdy gaz palny może stać się paliwem silnikowym, ale tylko nieliczne mają taką samą lub zbliżoną wartość opałową, co paliwa ropopochodne oraz nie stwarzają problemów technicznych z ich otrzymywaniem i spalaniem.

Biorąc pod uwagę właściwości paliw gazowych, łatwość ich pozyskiwania oraz możliwość właściwego spalania w silniku, jako alternatywne do benzyn i olejów napędowych można uznać tylko nieliczne z nich. Spośród gazów sprężonych są to: metan i wodór, a spośród gazów skroplonych - butan, propan oraz ich mieszaniny. Mogą to być również - skroplony metan (LNG) lub skroplony wodór (LH₂), ale ze względu na koszt i specyfikę magazynowania zakres wykorzystania tych paliw jest ograniczony. Metan (CNG, LNG) oraz mieszanina propanu i butanu (LPG) są stosowane w wielu krajach i zakłada się ich coraz szersze wykorzystanie w motoryzacji.

1.1. Właściwości paliw gazowych

Właściwości paliw gazowych charakteryzują następujące parametry:

✗ W_o - wartość opałowa mieszanki paliwowo-powietrznej, tzn. ilości energii chemicznej zawartej w jednostce objętości mieszaniny gazu i powietrza o składzie stechiometrycznym ($\lambda = 1$)

✗ λ - współczynnik nadmiaru powietrza, który określa ilość rzeczywistego powietrza do ilości teoretycznie potrzebnej do całkowitego i zupełnego spalania

✗ LO - liczba oktanowa, określająca odporność paliwa na detonację i spalanie stukowe (Koptan - 0 LO, izooktan - 100 LO)

✗ W - szybkość spalania laminarnego w m/s mieszaniny o określonym składzie (λ)

✗ T_z - temperatura zapłonu w °C

✗ związane z tymi parametrami: granica zapalności i granica wybuchowości

Granica zapalności jest określona zakresem zmiany składu mieszaniny λ .

Granica wybuchowości jest określona graniczną koncentracją gazu lub par paliwa w powietrzu, przy której następuje zapalenie mieszanki od otwartego ognia (tzn. mieszanina miejscowo musi osiągnąć temperaturę zapłonu).

Szybkości spalania laminarnego paliw płynnych są rzędu 0,3-0,6 m/s. Szybkość spalania benzyny w silniku ZI wynosi od 30 do 60 m/s (przy spalaniu detonacyjnym 1000 m/s) i w głównej mierze zależy od właściwości fizykochemicznych paliwa, składu mieszanki (λ), stopnia sprężania, zawirowań, prędkości obrotowej silnika, temperatury oraz kształtu komory spalania.

Mieszaniny propan-butan charakteryzują się jeszcze innymi bardzo specyficznymi właściwościami, które kwalifikują je do szerokiego wykorzystania w motoryzacji.

Gaz płynny (LPG) używany do zasilania pojazdów jest mieszaniną propanu i butanu. Może to być mieszanina techniczna - 50% butanu (C₄H₁₀) i 50% propanu (C₃H₈) lub mieszanina - 70% butanu i 30% propanu (skład typowy dla LPG we Włoszech). Może to być również paliwo prawie propanowe ~90% propanu i tylko 10% butanu (niektóre ze stanów w USA). Skład paliwa może więc być uzależniony od warunków klimatycznych.

Węglowodory, które wchodziły w skład LPG, należą do rodzaju parafin i są ich pochodnymi uzyskiwanymi w procesie oczyszczania metanu, tzw. wilgotnego lub przy destylacji ropy naftowej. Są więc ubocznymi produktami przy wydobyciu gazu ziemnego i rafinacji ropy naftowej (można je również uzyskać z węgla, ale znacznie wyższym kosztem). Propan i butan wykazują w swoim składzie pewne zanieczyszczenia węglowodorami, głównie propylenem i butylenem. Ilości tych zanieczyszczeń muszą być znikome, gdyż wpływają na zmianę liczby oktanowej.

Propan i butan można łatwo skraplać. Przy ciśnieniu atmosferycznym i temperaturze normalnej znajdują się w stanie gazowym, lecz podniesienie ciśnienia od 0,2 do 1,0 MPa powoduje przejście ich w stan ciekły. Oczywiście ciśnienie skraplania zależy ściśle od temperatury otoczenia.

LPG jest cięższy od powietrza, dlatego kieruje się w dół i zalega przy podłożu. Wpływ w stanie płynnym jest bardziej niebezpieczny, gdyż jednostka objętości gazu w stanie płynnym daje ok. 270 jednostek objętości gazu w stanie swobodnym (gazowym). W przypadku wycieku LPG tworzy charakterystyczną mgiełkę, łatwopalną, ale nie trującą. Posiada jednak właściwości znieczulające, dlatego należy unikać jego wdychania. Ze względu na dużą szybkość parowania, w kontakcie ze skórą może być przyczyną odmrożeń. LPG jest lżejszy od wody i tak jak benzyna osiada na jej powierzchni. Nie powoduje korozji stali, ale rozpuszcza tłuszcze, oleje, emalie, a także gumę naturalną.

LPG charakteryzuje się także dużym współczynnikiem rozszerzalności cieplnej, co przy wzroście temperatury przyspiesza zanik fazy lotnej, tzw. „poduszki gazowej w zbiorniku”. Z tego względu zbiornik może być napełniany płynną mieszaniną tylko do 80% jego całkowitej objętości.

1.2. Porównanie właściwości paliw alternatywnych

Decydujące znaczenie dla mocy rozwijanej przez silnik ma wartość opałowa nie samego paliwa, ale mieszanki paliwa i powietrza o składzie stechiometrycznym, tzn. w ilości potrzebnej do pełnego i całkowitego spalania paliwa. Niższa wartość opałowa mieszanki jest bowiem główną przyczyną spadku mocy silnika zasilanego gazem. Wymagane ilości powietrza są różne dla paliw płynnych i gazowych (tabl. 1).

1.3. Ogólna charakterystyka pracy silnika na paliwach gazowych

Jedną z zalet paliw gazowych jest ich wysoka liczba oktanowa (naturalna). Wartość liczby oktanowej wszystkich węglowodorów z rodziny parafin zawsze przewyższa 100. Umożliwia to stosowanie wyższych stopni sprężania i tym samym uzyskiwanie wyższej mocy silnika.

W praktyce jednak właściwości te nie są w pełni wykorzystane przez silniki zaprojektowane do zasilania benzyną. Pełne wykorzystanie mogłoby mieć miejsce, gdyby stopień sprężania był wyższy, a układ dolotowy specjalnie zaprojektowany, ale sil-

niki te nie mogłyby być wówczas zasilane benzyną.

W praktyce rezygnuje się z pełnych zalet zasilania gazowego, aby umożliwić funkcjonowanie silnika również na benzynie. Kompromis ten przyczynia się do strat mocy silnika benzynowego zasilanego gazem (i zwiększa zużycie gazu).

Większa efektywność procesu spalania paliw gazowych jest spowodowana tym, że:

- ✗ paliwa gazowe szybko ulegają całkowitemu wymieszaniu z powietrzem, dając w konsekwencji mieszanki bardziej jednorodne, co zapewnia bardziej równomierny rozdział mieszanki paliwowo-powietrznej na poszczególne cylindry; w konsekwencji uzyskuje się równomierną, spokojną i bardziej cichą pracę silnika

- ✗ spalanie jest całkowite, bez strat na wylocie, bez dymu, sadzy i osadów węglowych w komorze spalania, nie powoduje korozji (nie ma dodatków podwyższających LO)

- ✗ brak zjawiska kondensacji paliwa ciekłego na ściankach cylindra oraz osadów węglowych powoduje mniejsze zanieczyszczenia oleju silnikowego; zachowuje on dłużej właściwości smarujące, zapewniając trwałość silnika znacznie większą niż przy pracy na benzynie

Paliwa gazowe (CNG i LPG) wymagają jednak wyższej energii zapłonu i spalają się wolniej, co jest przyczyną przewlekłości spalania, wzrostu temperatury spalin oraz możliwości wystąpienia „cofania się płomienia”, zwłaszcza przy częściowych obciążeniach silnika.

Niższa wartość opałowa mieszanek gazowo-powietrznych jest główną przyczyną spadku mocy, ale nie jedyną. Przy paliwach gazowych występuje bowiem niższy stopień napełniania cylindrów (tym niższy, im intensywniej nagrzewana jest mieszanka w kolektorze); średni stopień napełniania dla paliw gazowych wynosi $h_v = 0,75$. Mniejsza ilość mieszanki i zbyt późny zapłon są również przyczyną spadku mocy. Te ujemne cechy są tylko częściowo rekompensowane przez jednorodność i równomierność rozdziału mieszanki.

Możliwe jest zoptymalizowanie nastaw regulacyjnych silnika na paliwie gazowym (pod warunkiem pracy tylko na tym paliwie) przez:

- ✗ wyłączenie podgrzewania kolektora ssącego
- ✗ przeregulowanie termostatu, aby silnik pracował przy temperaturze 10-15°C niższej niż na benzynie
- ✗ zmniejszenie odstępu elektrod świec zapłonowych
- ✗ zastosowanie wyższych napięć w układzie zapłonowym
- ✗ zwiększenie kąta wyprzedzenia zapłonu

Tablica 1. Porównanie wybranych właściwości fizykochemicznych paliw alternatywnych do benzyny - metanu (CH₄), LPG (propan-butan) oraz wodoru (H₂). Dane teoretyczne ustalone dla gęstości powietrza $\rho = 1,293 \text{ kg/m}^3$

	Benzyna	Metan (CH ₄)	LPG (C ₃ H ₈ - 50%, C ₄ H ₁₀ - 50%)	Wodór (H ₂)
Wartość opałowa mieszanki ($\lambda = 1$)	~3,7 MJ/m ³ (paliwo zgazowane)	3,37 MJ/m ³	~3,66 MJ/m ³	3,2 MJ/m ³
Szybkość spalania laminarnego m/s	0,3-0,6 m/s 9-22 μm średnice kropli	0,34 m/s	0,39 m/s propan 0,379 m/s butan	3,17 m/s dla $\lambda = 0,5 \div 0,6$ w warunkach normalnych, przy wzroście temperatury - do 10 m/s
Zapotrzebowanie powietrza/kg paliwa	15 kg/kg (11,8 m ³ /kg) (9,8 m ³ /dm ³)	17,2 kg/kg (9,62 m ³ /m ³)	15,5 kg/kg (~28 m ³ /m ³)	34,6 kg/kg (26 m ³ /kg) (2,36 m ³ /m ³)
Liczba oktanowa LO	< 98	110-130	100-105	>60 zmienna
Gęstość (kg/m ³) Gęstość w stosunku do powietrza	0,72-0,76 kg/dm ³	0,717 kg/m ³ (~0,55)	2,0 kg/m ³ propan 2,7 kg/m ³ butan (1,7-2,0)	0,09 kg/m ³ (0,07)
Temperatura zapłonu T ₂ , °C	normalna 220°C super 270°C lotnicza 400°C	650°C	481°C propan 430°C butan	585°C
Zakres zapalności λ	teoretyczny $\lambda = 0,2-1,16$ praktyczny $\lambda = 0,7-1,25$	0,6-1,9 (2)	0,4-1,91 propan 0,34-1,74 butan	0,15-10,0
Granica wybuchowości	1,3-7%	5-15%	2,12-9,35% propan 1,8-8,5% butan	4-74,25%

✗ dostosowanie wydajności układu dolotowego do rodzaju paliwa gazowego

Spadek mocy nie powinien wówczas przekroczyć 4-7%.

W przypadku silników pracujących alternatywnie na benzynie lub na gazie pozostawia się dane regulacyjne ustalone dla paliwa płynnego, co zapewnia ich poprawną pracę na obu paliwach.

W bardziej wysublimowanych konstrukcjach, przy przejściu z benzyny na metan lub LPG, następuje zmiana przekroju kanału dolotowego oraz automatyczne przestawienie zapłonu.

Najnowsze układy zasilania działające na zasadzie wtrysku paliwa (analogicznie do wtrysku benzyny) pozwalają zoptymalizować zarówno położenie wału korbowego, przy którym następuje otwarcie i zamknięcie wtryskiwacza, jak i zapłon mieszanki, co umożliwia wykorzystanie w pełni zalet paliwa gazowego.

Do głównych zalet pojazdu zasilanego gazem należą:

✗ czystość gazów spalinowych

✗ większa żywotność olejów smarujących (brak rozcieńczania)

✗ zwiększona trwałość silnika (brak osadów, brak zmywania oleju ze ścianek cylindra)

✗ niższy koszt gazu

Wady to:

✗ niewielki możliwy spadek mocy (4-7%) oraz prędkości maksymalnej o ok. 3%

✗ możliwy niewielki wzrost zużycia gazu w porównaniu do benzyny

✗ koszt zakupu i zabudowy aparatury

Spełnienie przedstawionych wyżej uwarunkowań gwarantuje właściwy dobór aparatury zasilającej.

W aspekcie bezpieczeństwa eksploatacji będą to:

✗ właściwie dobrane zbiorniki z osprzętem

✗ przewody wysoko- i niskociśnieniowe

✗ konfiguracja wszystkich urządzeń i elementów sytemu zasilania zależna od konstrukcji silnika i typu pojazdu samochodowego.

Proponowane przez producentów systemy zasilania paliwami gazowymi dzielą się na:

- ✗ klasyczne z regulacją przepływu gazu
- ✗ zasilania nadciśnieniowego CNG lub LPG
- ✗ wtrysku CNG
- ✗ wtrysku LPG w fazie ciekłej

Systemy te zapewniają niskie zużycie paliwa gazowego oraz niski poziom emisji składników toksycznych w spalinach.

1.4. Ogólne informacje dotyczące paliwa LPG

Mieszanina propan-butan (LPG, z ang. Liquefied Petroleum Gas) jest otrzymywana:

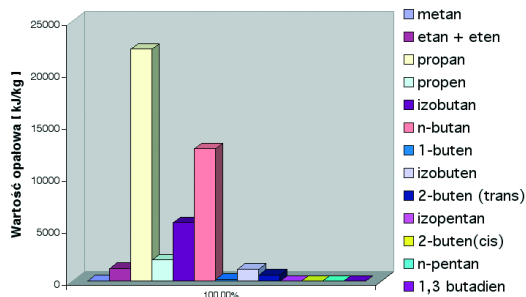
- ✗ w procesie rafinacji ropy naftowej
- ✗ w procesie oczyszczania gazu ziemnego

W założeniach mieszaninę tę powinny tworzyć następujące węglowodory: propan, propylen, butan, izobutan, izobuten, buten i etan. Wymagania dla tej mieszaniny, przeznaczonej do zasilania silników spalinowych pojazdów, precyzuje norma europejska EN 589 z 1993 r. Rzeczywistość eksploatacyjna odbiega jednak w znacznym stopniu od wymagań i w konsekwencji mieszanina dostępna na stacjach tankowania zawiera znacznie więcej składników. Rys. 1.1 przedstawia udziały składników węglowodorowych tej mieszaniny w kształtowaniu jej wartości opałowej.

Wartość opałowa mieszaniny propan-butan ma zasadnicze znaczenie dla ekonomicznej eksploatacji silnika pojazdu. Im wyższa jest wartość opałowa paliwa, tym mniejsze jest jego zużycie w $\text{dm}^3/100 \text{ km}$ przebiegu. Spośród dostępnych paliw płynnych największą wartość opałową ma benzyna, a najmniejszą - alkohol etylowy. Badania laboratoryjno-analityczne próbek gazu handlowego, które przeprowadzono w celu określenia składu węglowodorowego wykazały, że w zależności od miejsca i czasu pobrania próbek procentowy udział propanu i butanu jest bardzo różny.

Ponieważ właśnie te węglowodory kształtują wartość opałową mieszaniny propan-butan, w praktyce eksploatacyjnej zbiornik będzie napełniany paliwem różniącym się od siebie pod względem ilości energii zawartej w masie lub objętości. Istotnym elementem jest również fakt, że udział tych węglowodorów decyduje w znaczącym stopniu o rozruchu silnika w okresie zimy, bowiem większy udział propanu zapewnia łatwiejszy rozruch.

Dla każdego przyszłego użytkownika pojazdu zasilanego gazem ważna jest odpowiedź na kilka bardzo prostych pytań, dotyczących zużycia silnika, możliwych do uzyskania oszczędności, bezpieczeń-



Rys. 1.1. Kształtowanie wartości opałowej mieszaniny propan-butan przez jej składniki

stwa eksploatacji. Poniżej przedstawiono krótkie, w miarę profesjonalne odpowiedzi na te pytania.

Zużycie gazu

Przebiegowe, eksploatacyjne zużycie gazu jest wyższe o ok. 10-15% w porównaniu ze zużyciem paliwa bazowego, benzyny. Dotyczy to jednak silników zasilanych dwupaliwowo - alternatywnie, gdyż w przypadku zasilania jednopaliwowego możliwe jest uzyskanie podobnego zużycia energii. Jest to możliwe przez dobór odpowiedniego stopnia sprężania, optymalizację układu dolotowego i wyznaczenie optymalnej dla paliwa gazowego charakterystyki kąta wyprzedzenia zapłonu.

Moc silnika

Utrata mocy występuje jedynie w przypadku adaptacji silnika do zasilania alternatywnego i w praktyce dla silnika z zapłonem iskrowym nie powinna przekraczać 8%. W przypadku silników wysokoprężnych zasilanych dwupaliwowo - jednocześnie olejem napędowym i gazem - nie występuje obniżenie możliwości do uzyskania mocy.

Trwałość zaworów i ich gniazd

Kilkanaście lat temu dodatek czteroetylku ołowiu, dodawany do benzyny w celu zwiększenia jej liczby oktanowej, redukował zużycie zaworów i gniazd zaworowych. Wprowadzenie benzyny bezołowiowej zmieniło w zasadniczy sposób konstrukcję zaworów i ich gniazd. Wytwarza się je obecnie z materiałów twardszych (np. kompozytów itp.) tak, aby można było zachować wymaganą trwałość układu rozrządu. Paliwa gazowe, w tym i LPG, należą do paliw bezołowiowych. W konsekwencji silnik nie przystosowany do zasilania benzyną bezołowiową, a zasilany gazem będzie narażony na nadmiernie obciążenia cieplne zaworów i gniazd zaworowych. Wysokie temperatury występujące w komorze spalania powodują, że elementy te są

poddane znacznym obciążeniom cieplnym (brak schładzania zaworów świeżym ładunkiem, podwyższona temperatura średnia w cylindrze, będąca wynikiem wyeliminowania zjawiska odparowania paliwa). Wykorzystanie gazu do zasilania silnika nie stanowi jednak w tym przypadku problemu, pod warunkiem zapewnienia odpowiedniego luzu zaworów i częstszej jego kontroli. Zbyt mały luz zaworów to w konsekwencji krótszy czas kontaktu zaworu z gniazdem i ograniczony przepływ ciepła pomiędzy zaworem, gniazdem i głowicą silnika. Najprostszą drogą, która może zapobiec temu niekorzystnemu zjawisku, jest zwiększenie luzu zaworów, chociaż skutkiem takiego działania może być zwiększenie obciążenia wałka rozrządu i krzywek.

Olej silnikowy

Olej stosowany do smarowania silników zasilanych gazem zachowuje czystość przy znacznie dłuższych przebiegach, co wynika z mniejszego zanieczyszczenia dodatkami znajdującymi się

w paliwie płynnym oraz osadami powstającymi w trakcie spalania paliwa płynnego. Pozostaje mniej zanieczyszczeń po spalaniu, zmniejszone jest również zasiarczenie, olej nie rozpuszcza się w benzynie. Ponieważ olej jest narażony na utlenianie, nie zaleca się jego wymiany po przebiegu większym niż określany przez producenta silnika lub oleju.

Emisja spalin

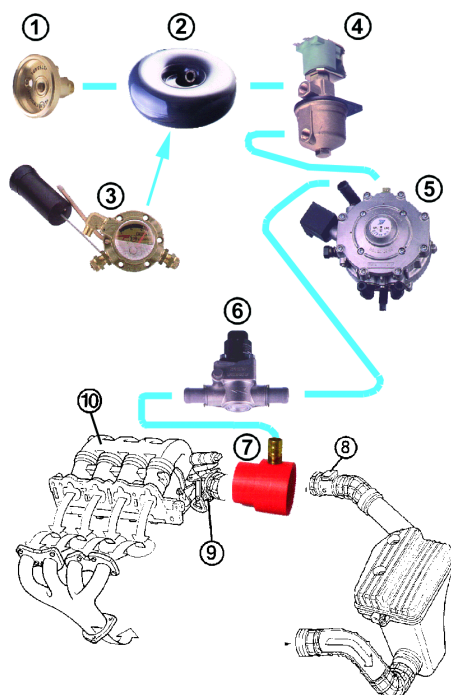
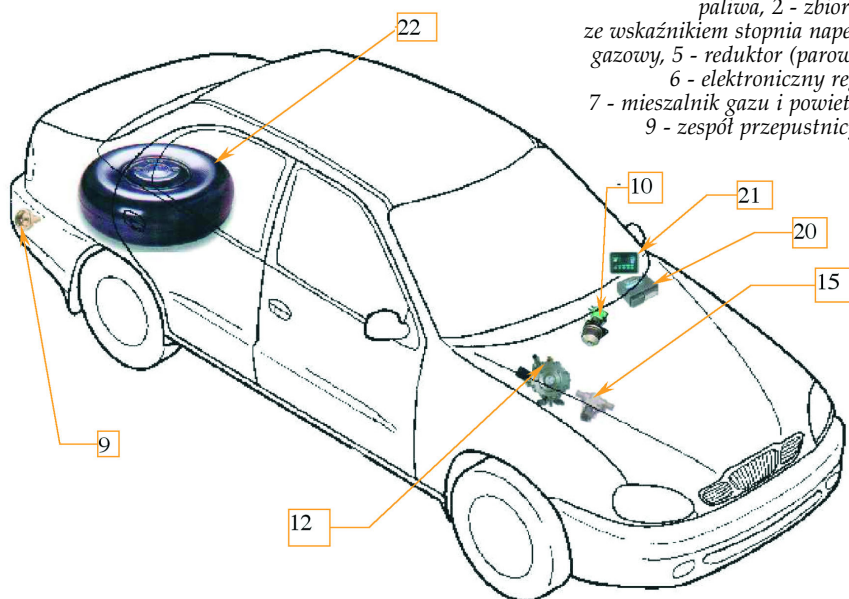
W przypadku spalania paliw gazowych należy zwrócić uwagę na jednorodność i łatwość wytwarzania mieszanin o składzie stechiometrycznym. Jednorodność mieszanin oraz ich skład stechiometryczny, przy stosunkowo małej ilości węgla w cząsteczce węglowodorowej, umożliwiają prawie całkowite spalanie. Dlatego emisja CO_2 , CO i HC jest znacznie mniejsza niż podczas spalania benzyny. Wyniki badań emisji spalin dla kilku samochodów zostały przedstawione w rozdziałach charakteryzujących stosowane obecnie systemy zasilania gazem.



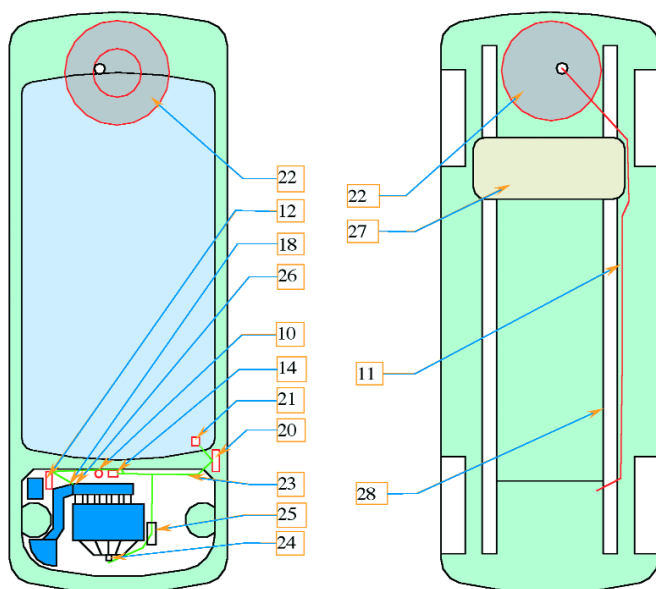
2. Elementy klasycznego systemu zasilania gazem

Zasadnicze urządzenia i elementy instalacji zasilającej silnik spalinowy mieszaniną propan-butan przedstawia rys. 2.1. Opisuując natomiast krótko zasadę jej działania należy rozpocząć od części hydraulicznej, której pierwszym elementem jest wlew paliwa umożliwiający napełnienie zbiornika gazem płynnym (9, rys. 2.1). Połączenie wlewu paliwa z osprzętem zbiornika (3, rys. 2.2) przewodem giętkim lub rurką miedzianą o średnicy 8 lub 10 mm umożliwia napełnienie zbiornika, (2, rys. 2.2) do 80% jego objętości znamionowej. Ze zbiornika gaz jest przekazywany przez osprzęt do elektrozaworu odcinającego (4, rys. 2.2) i z chwilą jego otwarcia do parownika-regulatora ciśnienia (5, rys. 2.2). Po odparowaniu gaz dopływa do mieszalnika (7, rys. 2.2), gdzie następuje jego mieszanie się z powietrzem zasysanym przez silnik.

Rys. 2.1. Usytuowanie głównych elementów instalacji zasilania LPG w pojeździe: 9 - wlew gazu (LPG), 10 - elektrozawór odcinający LPG, 12 - parownik-regulator ciśnienia, 15 - regulator przepływu, 20 - urządzenie sterujące regulatorem przepływu, 21 - przełącznik rodzaju zasilania, 22 - zbiornik gazu skroplonego



Rys. 2.2. Elementy i urządzenia instalacji zasilającej silnik spalinowy mieszaniną propan-butan: 1 - wlew paliwa, 2 - zbiornik LPG, 3 - wielozawór ze wskaźnikiem stopnia napełnienia, 4 - elektrozawór gazowy, 5 - reduktor (parownik-regulator ciśnienia), 6 - elektroniczny regulator przepływu gazu, 7 - mieszalnik gazu i powietrza, 8 - przepływomierz, 9 - zespół przepustnicy, 10 - kolektor dolotowy



Rys. 2.3. Rozmieszczenie elementów i urządzeń w pojeździe:
 10 - elektrozawór odcinający LPG
 11 - przewód miedziany Cu 6x1
 12 - parownik regulator ciśnienia
 14 - symulator pracy wtryskiwaczy
 18 - mieszalnik
 20 - urządzenie sterujące
 21 - przełącznik rodzaju zasilania
 22 - zbiornik
 23 - wiązka elektryczna
 24 - sonda lambda
 25 - cewki zapłonowe
 26 - potencjometr przepustnicy
 27 - zbiornik benzyny
 28 - podłużnica

2.1. Parownik-regulator ciśnienia

Przykładem takich urządzeń są parowniki-regulatory ciśnienia typu G79, G79 se i RP/G E'97, produkowane przez Tartarini Auto S.p.A. Regulatory G79

i G79 se to dwustopniowe parowniki-regulatory ciśnienia, przy czym pierwszy jest wyposażony w komorę odciażającą, drugi - w elektrozawór odcinający.

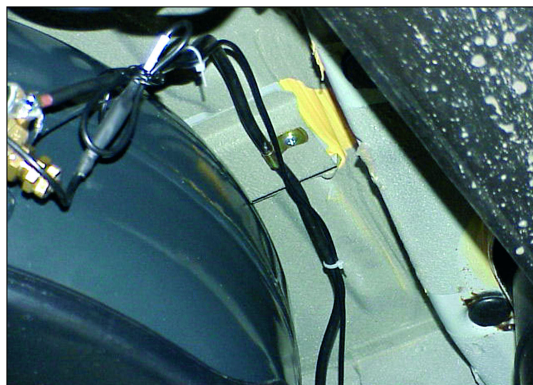
Zasadnicze parametry techniczne tych reduktorów przedstawia tabl. 2.

Tablica 2. Typy, wersje i dane charakterystyczne parowników-regulatorów ciśnienia gazu

Model	Liczba stopni redukcji	Przeznaczony do zasilania silników z układami zasilania	Wersja	Moc silnika**	System zabezpieczenia przed wypływem gazu		Kanał biegu jałowego
					Komora odciażająca	Elektrozawór	
G79	2	gaźnikowymi	Standard	88 kW/120 KM lub do 2500 cm ³	tak		
			Super	103 kW/140 KM lub do 3000 cm ³	tak		
G79 se*	2	gaźnikowymi wtryskowymi z katalizatorem	Standard	88 kW/120 KM lub do 2500 cm ³		tak	tak
			Super	103 kW/140 KM lub do 3000 cm ³		tak	tak
			Super+	125kW/170 KM lub do 3500 cm ³		tak	tak
RP/G E'97	3	gaźnikowymi wtryskowymi z katalizatorem	Super	140 kW/190 KM lub do 3700 cm ³		tak	tak
			o podwyższonej wydajności	Sprawdzono w silniku o poj. 11 000 cm ³		tak	tak

* Możliwa wersja z wylotem gazu usytuowanym w dolnej części parownika-regulatora ciśnienia

** Maksymalna wartość mocy silnika jest przybliżona



Rys. 2.4. Sposób przeprowadzenia przewodu wysokociśnieniowego (fragment od zbiornika i wzdłuż podłużnicy)

Urządzenia te umożliwiają realizację następujących funkcji:

- ✗ odparowywanie płynnego LPG
- ✗ redukcję ciśnienia gazu do wartości zmieniającej się w zakresie od 0,5 do 0,7 bar
- ✗ dostarczenie takiej ilości gazu, która wynika z aktualnego zapotrzebowania na paliwo przez silnik
- ✗ zabezpieczenie przed wypływem gazu przy nie pracującym silniku
- ✗ uruchomienie zimnego silnika

Zasada działania najczęściej stosowanych parowników-regulatorów ciśnienia G79 i G79 se jest taka sama. Różni je od siebie jedynie sposób zabezpieczenia przed wypływem gazu, gdy nie pracuje silnik. W reduktorze typu G79 zabezpieczenie to jest realizowane za pomocą komory odciążającej, natomiast w reduktorze typu G79 se - za pomocą elektrozaworu odcinającego.

2.1.1. Zasada działania parownika-regulatora ciśnienia gazu

Zasada działania parownika-regulatora ciśnienia nie jest skomplikowana i do jej wyjaśnienia zostaną wykorzystane rysunki schematyczne,

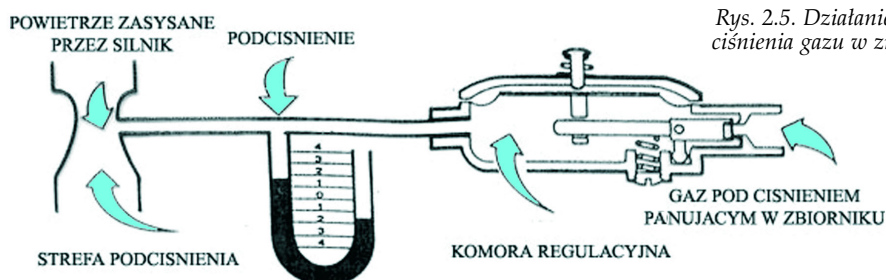
przedstawiające kolejne etapy jego działania.

Na rys. 2.5 przedstawiono zasadę działania zespołu regulator ciśnienia - mieszalnik. Zespół ten jest gaźnikiem gazowym, którego charakterystyka wydajności zależy od podciśnienia panującego w układzie dolotowym, w tej jego części, która łączy zespół przepustnicy z filtrem powietrza. Podciśnienie wytwarzane na dyszy mieszalnika jest przenieszone do komory regulacyjnej i powoduje przemieszczanie membrany współpracującej z zaworem wlotowym gazu. Im wyższa wartość podciśnienia, tym większe otwarcie zaworu i większa ilość gazu dostarczanego do mieszalnika. W zespole tym, nazywanym gaźnikiem gazowym, elementem wymiennym jest mieszalnik, dobierany indywidualnie dla każdego typu silnika. Regulator jest natomiast urządzeniem uniwersalnym, jego wydatek dla określonych wartości podciśnienia jest ustalany sztywnością zespołu membrana - dźwignia. Sztywność tę ustala się naprężeniem sprężyny współpracującej z dźwigienką. W konsekwencji, im bardziej jest naprężona sprężyna (głębiej wkręcona), tym wyższa jest wymagana wartość podciśnienia dla uzyskania wymaganego wydatku. Tym samym, przez regulację sztywności układu regulacji, możliwe jest dostosowanie charakterystyki regulatora do charakterystyki każdego silnika i zapewnienie takiego wydatku, który pokrywa zapotrzebowanie silnika na paliwo w całym zakresie jego obciążeń. Przy właściwym doborze mieszalnika mieszanka powstająca w wyniku mieszania się gazu i powietrza jest w całym zakresie stechiometryczna.

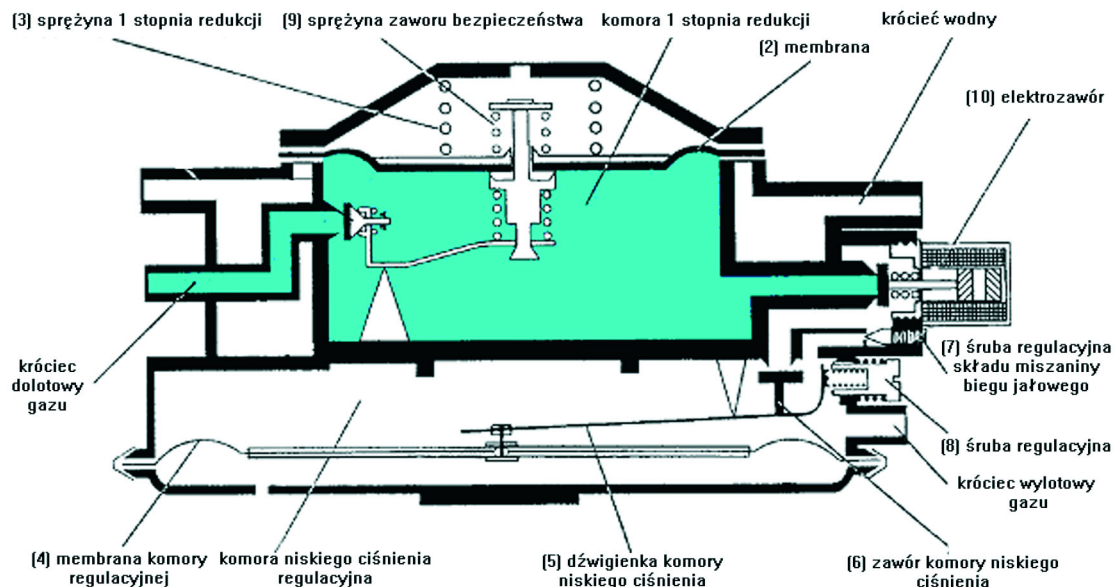
O prawidłowej pracy reduktora decydują zarówno jego cechy konstrukcyjne, jak i zastosowane do jego wytworzenia materiały. Dla przykładu membrany wykonane z tkanin powlekanych:

✗ o dużej grubości będą cechowały się dużą bezwładnością działania, reakcja na zmieniające się podciśnienie (obciążenie silnika) będzie opóźniona w czasie

✗ o małej grubości będą cechowały się małą bezwładnością działania, a więc szybszymi reakcjami na zmieniające się podciśnienia (obciążenie silnika)



Rys. 2.5. Działanie reduktora-regulatora ciśnienia gazu w znacznym przybliżeniu



Rys. 2.6. Przekrój przez parownik-regulator ciśnienia, elektrozawór zamknięty

Opis działania parownika-regulatora ciśnienia typu G79

Komora 1. stopnia redukcji, opis działania

Gaz płynny dopływa do komory 1. stopnia redukcji, w której następuje jego całkowite odparowanie oraz obniżenie ciśnienia do wartości równej 0,5-0,7 bar.

Otrzymanie stałej wartości ciśnienia jest możliwe w wyniku zrównoważenia ciśnienia gazu i siły sprężyny (3, rys. 2.6) oddziałującej na membranę (2, rys. 2.6).

W przypadku, **gdy ciśnienie gazu w komorze 1. stopnia maleje**: sprężyna powoduje przemieszczenie membrany do wnętrza komory. Równocześnie z ruchem membrany przemieszczana jest dźwigenka (1), na końcu której znajduje się grzybek zaworu wlotowego. W wyniku przemieszczenia dźwigenki otwiera się zawór wlotowy i komora wypełniana jest gazem. Wypełnianie komory trwa do chwili wyrównania się sił oddziałujących na membranę (z jednej strony - wywołanych ciśnieniem gazu, z drugiej zaś naprężeniem sprężyny).

Natomiast w przypadku, **gdy ciśnienie wzrasta**: opór sprężyny jest pokonywany przez ciśnienie gazu oddziałującego na membranę. Membrana przemieszcza się na zewnątrz komory wprawiając w ruch dźwigenkę, której grzybek przymyka zawór wlotowy gazu. Ruch ten trwa do chwili zrównoważenia się sił oddziałujących na membranę (ciśnienie gazu i siły sprężystości sprężyny).

Komora 2. stopnia redukcji - regulacyjna, opis działania

Wypełnienie gazem komory 2. stopnia jest możliwe jedynie w przypadku otwarcia elektrozaworu umożliwiającego przepływ gazu z komory 1. stopnia do komory 2. stopnia.

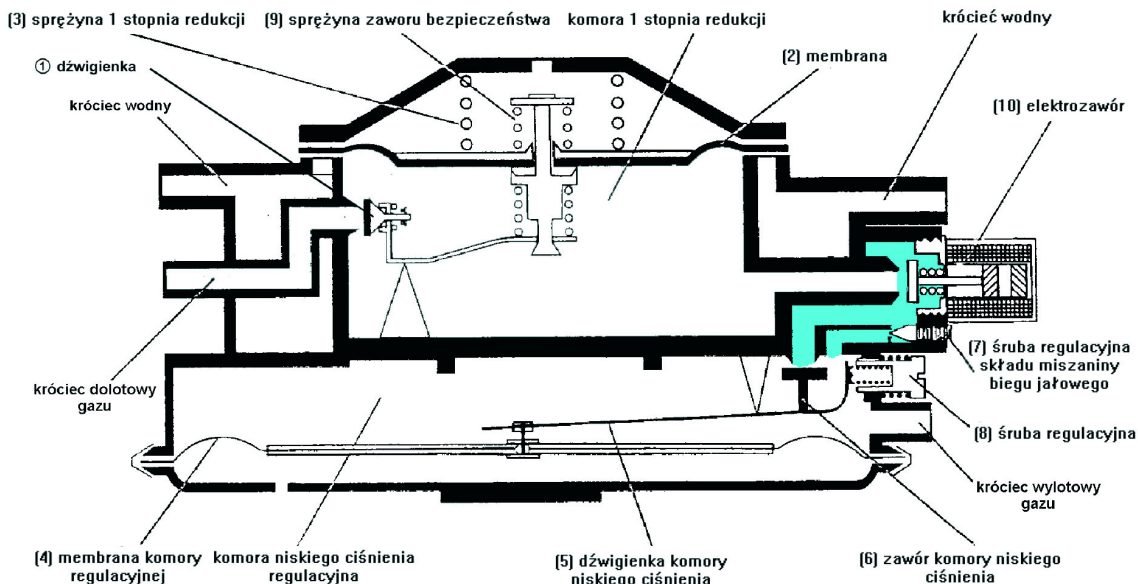
Komora 2. stopnia jest komorą niskiego ciśnienia, jej zadaniem jest regulacja ilości gazu wypływającego z reduktora, stosownie do zapotrzebowania silnika na gaz. Komora ta jest połączona przez króciec wylotowy z mieszalnikiem zabudowanym w układzie dolotowym silnika.

Podciśnienie panujące w kolektorze dolotowym, proporcjonalne do obciążenia silnika, oddziałuje na membranę (4), przy czym:

✗ wzrost podciśnienia spowodowany np. przyspieszaniem samochodu - wzrost podciśnienia w komorze 2. stopnia przemieszcza membranę (4) do wnętrza komory; połączona z membraną dźwigenka (5) zwiększa ilość gazu napływającego do komory 2. stopnia i wypływającego w kierunku mieszalnika

✗ spadek podciśnienia np. w czasie hamowania silnikiem - spadek podciśnienia w komorze 2. stopnia powoduje ruch membrany w kierunku przeciwnym (na zewnątrz komory 2. stopnia); połączona z membraną dźwigenka ogranicza ilość gazu wypełniającego komorę i wypływającego w kierunku mieszalnika

W przypadku, gdy nastąpi wyrównanie ciśnień, tzn. ciśnienie wewnątrz komory 2. stopnia będzie równe ciśnieniu atmosferycznemu, dźwigenka (5)



Rys. 2.7. Przekrój przez parownik-regulator ciśnienia, elektrozawór otwarty

zamknie zawór (6), uniemożliwiając dopływ gazu do wnętrza komory.

Ilość gazu wypływającego z tej komory w kierunku mieszalnika dla określonej wartości podciśnienia zależy od napięcia sprężyny, ustalonego śrubą regulacyjną.

Elektrozawór odcinający (10), opis działania

Elektrozawór jest elementem zabezpieczającym przed wypływem gazu z reduktora w czasie, gdy nie pracuje silnik. Zasilanie cewki tego zaworu jest możliwe jedynie w przypadku pracy silnika lub jego uruchamiania, czyli wtedy, gdy pojawiają się impulsy w układzie zapłonowym silnika.

Podgrzewanie parownika-regulatora ciśnienia

Dla zapewnienia właściwych warunków odparowania ciekłego propanu-butanu reduktor wyposażony jest w komorę wodną otaczającą pierwszy stopień redukcji. Komora ta ma dwa króćce, za pomocą których jest połączona z układem chłodzenia silnika. Temperatura odparowania gazu jest uzależniona od jego składu, tzn. procentowego udziału propanu i butanu. Dla powszechnie stosowanych mieszanin propan-butan minimalna temperatura odparowania wynosi -30°C .

Śruby regulacyjne (7) i (8)

✕ Śruba regulacyjna (7): śruba ta, zakończona iglicą, znajduje się w odrębnym kanale łączącym komorę 1. stopnia z komorą 2. stopnia i zapewnia

bardzo precyzyjną regulację składu mieszanki powietrzno-gazowej na biegu jałowym silnika.

✕ Śruba regulacyjna (8): za pomocą tej śruby mamy możliwość regulacji czułości układu: membrana - dźwignienka komory 2. stopnia. Wkręcenie śruby regulacyjnej spowoduje zwiększenie sztywności tego układu, tzn. będzie potrzebne większe podciśnienie, aby zapewnić taką ilość wypływającego z reduktora gazu, która będzie odpowiadała mieszaninie stechiometrycznej. Wykręcenie śruby spowoduje reakcję odwrotną, tzn. przy mniejszej wartości podciśnienia wypłynie taka sama ilość gazu.

Urządzenia zabezpieczające

Zasadniczymi urządzeniami zabezpieczającymi są zawory uniemożliwiające wydostanie się gazu z reduktora wtedy, gdy silnik nie pracuje. Jednym z tych urządzeń jest komora odciążająca, która umożliwia swobodny ruch dźwignienki komory regulacyjnej 2. stopnia wtedy, gdy istnieje podciśnienie w układzie dolotowym silnika.

Gdy silnik nie pracuje, ciśnienie w układzie dolotowym jest równe ciśnieniu atmosferycznemu i tym samym membrana komory odciążającej dociska dźwignienkę komory regulacyjnej do zaworu, uniemożliwiając wypływ gazu z reduktora. Rozwiązanie to jest stosowane w reduktorze typu G79, nazywanym inaczej reduktorem „pneumatycznym”. Reduktor ten jest wykorzystywany do zasilania silników gaźnikowych, a dla zapewnienia prawidłowej jego pracy - komora odciążająca jest

połączona przewodem gumowym z kolektorem dolotowym.

W reduktorze typu G79 se, nazywanym „elektronicznym”, wypływ gazu wtedy, gdy silnik nie pracuje, uniemożliwia elektrozawór odcinający. Zawór ten w stanie zamknięcia uniemożliwia przepływ gazu z 1. stopnia redukcji do komory regulacyjnej. Uzwojenie cewki tego elektrozaworu jest zasilane z elektronicznego urządzenia sterującego, dokonującego w najprostszym przypadku pomiaru prędkości obrotowej silnika. Impulsy występujące w trakcie pracy układu zapłonowego umożliwiają podtrzymywanie zasilania cewki elektrozaworu i tym samym wypływ gazu z reduktora. Uproszczona nazwa tego reduktora ma więc niewiele wspólnego z elektroniką, gdyż urządzenia elektroniczne wykorzystujemy jedynie w celu uzyskania sygnału umożliwiającego otwarcie zaworu odcinającego.

Inne urządzenia zabezpieczające

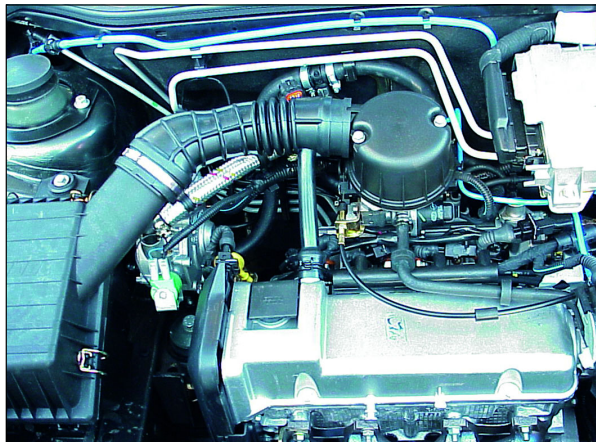
Jeżeli podczas działania komory 1. stopnia, pomimo przyjęcia przez dźwignikę pozycji zamknięcia, do komory dostaje się w dalszym ciągu gaz (nieuszczelność spowodowana zanieczyszczeniami lub uszkodzeniem grzybka), jego ciśnienie stale wzrasta. Jednak z chwilą osiągnięcia przez gaz zgromadzony w komorze ciśnienia 4,2 bar następuje otwarcie zaworu bezpieczeństwa, przez ściśnięcie sprężyny (9). Nadwyżka gazu wydostaje się poza parownik-reduktor. Sprężyna (9) oraz podobna do niej, umieszczona po przeciwnej stronie membrany, spełniają również bardzo istotną funkcję zabezpieczenia membrany przed jej uszkodzeniem w przypadkach gwałtownego wzrostu lub spadku ciśnienia gazu w komorze 1. stopnia. Zgodnie z obecnymi wymaganiami gaz, który wydostanie się z reduktora przez zawór bezpieczeństwa, jest wprowadzany do układu dolotowego silnika tak, aby nie wydostał się do otoczenia i aby możliwe było jego spalanie w silniku.

2.1.2. Zasada montażu reduktora

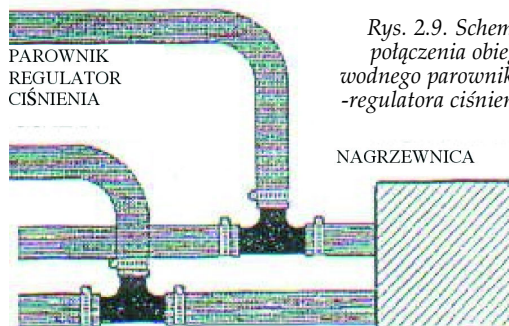
Sposób montażu parownika-regulatora ciśnienia gazu wpływa w istotny sposób na pracę instalacji zasilającej. Prawdliwość pracy instalacji zasilającej zapewnia stosowanie w trakcie prac montażowych kilku istotnych zasad.

- ✗ Sprawdzona w praktyce eksploatacyjnej lokalizacja parownika-regulatora ciśnienia w komorze silnika jest opisana w instrukcji montażu dołączonej do każdego zestawu aparatury (np. tak jak na rys. 2.8 i 2.10).

- ✗ Do zabudowy parownika-regulatora ciśnienia można stosować płytę montażową lub specjalny,



Rys. 2.8. Sposób zabudowy parownika-regulatora ciśnienia w komorze silnikowej Fiata Palio



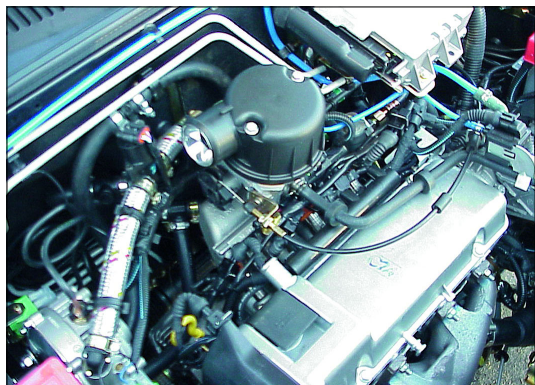
Rys. 2.9. Schemat połączenia obiegu wodnego parownika-regulatora ciśnienia

przygotowany fabrycznie wspornik. Jeżeli dostępna przestrzeń w komorze silnika umożliwia wykorzystanie płyty montażowej, zabudowujemy na niej wszystkie elementy i urządzenia, tj. parownik-regulator ciśnienia, elektrozawór odcinający i inne niezbędne elementy.

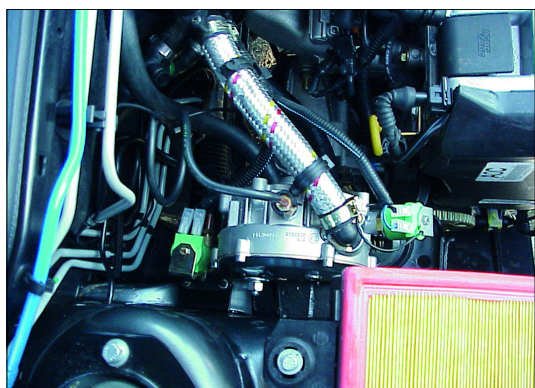
- ✗ Parownik-regulator ciśnienia powinien być zamontowany pionowo, równoległe do osi podłużnej samochodu. W przypadku zamontowania parownika-regulatora ciśnienia poprzecznie do osi podłużnej samochodu, membrana 2. stopnia redukcji poddana jest działaniu sił bezwładności, zwłaszcza w przypadkach gwałtownego hamowania i przyspieszania. Zalecenie to nie wyklucza innego sposobu zabudowy, należy jednak brać pod uwagę możliwość pojawienia się zakłóceń w prawidłowej pracy instalacji zasilającej.

- ✗ Środek parownika-regulatora ciśnienia należy umieścić powyżej nagrzewnicy, co powinno zapobiec powstawaniu pęcherzy powietrza w komorze wodnej parownika.

- ✗ Obieg wodny parownika-regulatora ciśnienia należy połączyć równoległe z układem chłodzenia



Rys. 2.10. Przykład lokalizacji parownika reduktora w komorze silnikowej Fiata Palio



silnika, wykorzystując do tego celu trójniki. Należy jednak zwrócić uwagę na lokalizację zaworu regulacyjnego nagrzewnicy, aby nie ograniczyć napływu cieczy chłodzącej do komory wodnej parownika. W przypadku wątpliwości dotyczących zarówno obecności zaworu nagrzewnicy, jak i jego umiejscowienia, należy odwołać się do instrukcji fabrycznej silnika. Kierunek przepływu cieczy przez parownik nie ma znaczenia dla jego prawidłowej pracy.

Uwaga: przypadku równoległego połączenia, dopływ cieczy chłodzącej do parownika może być wymuszony przez zastosowanie kryz dławiących przepływ.

✗ W parowniku-regulatorze ciśnienia są stosowane dwa rodzaje regulacji wypływu. Pierwsza z nich umożliwia regulację ilości gazu wypływającego z reduktora podczas pracy silnika na biegu jałowym (śruba zakończona iglicą, 7, rys. 2.7). Natomiast śruba 8 (rys. 2.7) umożliwia regulację wydatku w zależności od wartości podciśnienia w kolektorze dolotowym silnika. W zależności od warunków pracy silnika wykorzystujemy możliwość regulacji dwoma śrubami lub tylko jedną, tj. oznaczoną cyfrą 8, podczas gdy iglica jest wówczas całko-

wicie wkręcona w gniazdo. Jeżeli parownik-regulator ciśnienia jest umieszczony w pobliżu chłodnicy wentylatora, ciśnienie strumienia powietrza wywołane pracą wentylatora, wymuszającego przepływ powietrza przez chłodnicę, może oddziaływać na membranę 2. stopnia redukcji. W wyniku tego oddziaływania, zwłaszcza na biegu jałowym, pojawiają się zakłócenia w pracy silnika. Ponadto, intensywne zawirowania powietrza występujące w komorze silnikowej w czasie jazdy mogą również wpływać na położenie membrany komory 2. stopnia. W takiej sytuacji należy zastosować rurkę kompensacyjną, której jeden z końców łączymy z pokrywą komory niskiego ciśnienia, natomiast drugi - z tą przestrzenią komory silnika, co do której mamy pewność, że nie będą występowały w niej jakiegokolwiek zakłócenia w przepływie powietrza.

✗ Należy również pamiętać, że częstym efektem zaburzeń wynikających z przepływu powietrza w układzie dolotowym silnika jest tzw. „efekt dmuchawy”. Przyczyną tego zjawiska, powodującego najczęściej przerwanie pracy silnika, jest wzrost ciśnienia w układzie dolotowym. Występuje ono najczęściej, gdy kierowca naciska pedał sprzęgła, a samochód porusza się z większą prędkością. W tej sytuacji wzrost ciśnienia powietrza w układzie dolotowym powoduje zanik sygnału podciśnienia w mieszalniku, gaz nie jest wysysany, a brak paliwa powoduje, że silnik gaśnie.

W celu rozwiązania tego problemu należy zabezpieczyć się przed bezpośrednim napływem powietrza z kolektora ssącego, np. przez odpowiednie ukształtowanie przewodów dolotowych powietrza lub ewentualne usunięcie dysz Venturiego, zwiększających prędkość powietrza. Należy pamiętać, aby nie wykorzystywać przewodów napływu powietrza przeznaczonych do eksploatacji zimowej, gdyż istniejące w nich opory przepływu mogą być zbyt duże.

2.1.3. Możliwe uszkodzenia i sposoby ich usuwania

✓ **Zawór wzbogacenia mieszanki w parowniku-regulatorze ciśnienia typu G79 nie otwiera się**

✗ Zdejmij konektor zasilania cewki elektrozworu i sprawdź, czy zawór otwiera się przy bezpośrednim zasilaniu cewki napięciem 12 V z akumulatora. Jeśli zawór nadal się nie otwiera, najprawdopodobniej parownik nie ma właściwego połączenia z masą samochodu.

✗ Sprawdź połączenie masowe pomiędzy parownikiem-regulatorem ciśnienia a masą samochodu, wykorzystując do tego celu omomierz (maksymalna oporność 0,5 Ω). Zgodnie z obecnymi wy-

maganiami, niezbędne jest zainstalowanie dodatkowego przewodu masowego łączącego reduktor z masą pojazdu tak, aby reduktor nie był przewodnikiem elektrycznym.

✓ Zwarcie lub przerwa w obwodzie zasilania cewki zaworu wzbogacenia

Przyczyną może być uszkodzenie przełącznika zasilania alternatywnego. Sprawdź omomierzem oporność pomiędzy uzwojeniem cewki a jej obudową (ok. 12-14 Ω). Wymień cewkę, jeżeli stwierdzisz zwarcie jej uzwojenia z masą, lub wymień przełącznik rodzaju zasilania, jeżeli stwierdzisz, że obwód zasilający i uzwojenie cewki jest sprawne.

✓ Elektrozawór wzbogacania działa prawidłowo, nie otrzymujemy jednak zwiększonej dawki gazu

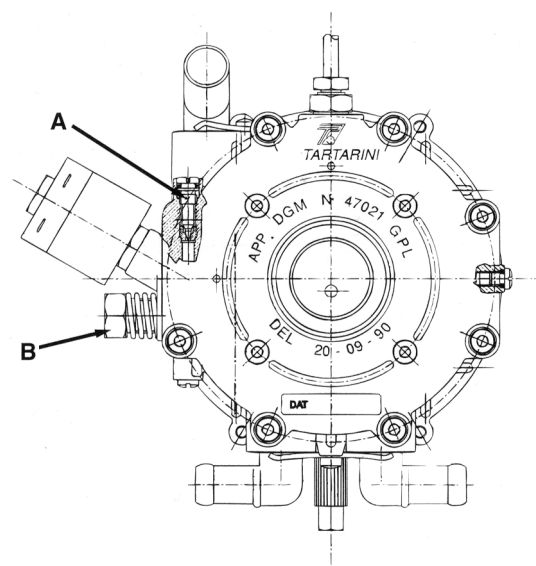
Procedura kontrolna w tym przypadku polega na sprawdzeniu odległości trzpienia elektrozaworu od płytki membrany komory regulacyjnej. Procedurę postępowania w tym przypadku wyjaśniono niżej.

✓ Zbyt mały lub zbyt duży wpływ gazu z reduktora podczas pracy silnika na biegu jałowym

✓ Niewłaściwa regulacja

Przeprowadź standardową regulację wykorzystując analizator oraz śruby regulacyjne parownika-regulatora ciśnienia przedstawione na rys. 2.11. Jeżeli procedura regulacyjna nie wpływa na poprawę pracy silnika, tzn. mieszanka jest w dalszym ciągu uboga lub bogata, sprawdź ciśnienie w komorze 1. stopnia.

Rys. 2.11. Śruby regulacyjne parownika regulatora ciśnienia typu G79 se: A - śruba regulacyjna biegu jałowego, B - śruba regulacji czułości regulatora



✓ Zbyt wysokie ciśnienie 1. stopnia redukcji

Wymień reduktor na sprawny, jeśli stwierdziłeś, że ciśnienie na 1. stopniu redukcji przekracza wartość określoną przez producenta (dla większości reduktorów ok. 0,7 bara). Reduktor wymontowany poddaj standardowej kontroli zalecanej przez producenta (pkt. 2.2).

✓ Zawór wzbogacania mieszanki źle współpracuje z dźwigienką komory regulacyjnej

Sprawdź położenie dźwigienki komory regulacyjnej stosując się do zaleceń określonych w pkt. 2.2.

✓ Niestabilna praca silnika zmienia zarówno jego prędkość obrotową biegu jałowego oraz zmienia się zawartość CO i HC w spalinach

Przeprowadź regulację reduktora, gdyż świadczy to o nieodpowiedniej ilości gazu wypływającego z reduktora. Zapamiętaj również, że niestabilna praca silnika jest najczęściej spowodowana zbyt mocnym wkręceniem śruby regulacyjnej wypływu gazu z reduktora.

Możliwą przyczyną jest również i to, że reduktor został zamontowany w strumieniu powietrza wentylatora bez przewodu kompensacyjnego.

Zamontuj przewód kompensacyjny, jeżeli jest to niezbędne.

Wymień reduktor, jeżeli wymienione wyżej procedury nie dały pozytywnego rozwiązania.

✓ Reduktor ma zbyt małą wydajność

Sprawdź, czy został zamontowany reduktor odpowiadający podstawowym zaleceniom w instrukcji montażu.

✓ Zbyt niskie ciśnienie 1. stopnia redukcji

✗ Zastosuj się do procedury kontrolnej pierwszego stopnia redukcji.

✗ Zmień reduktor, jeżeli stwierdzisz, że zmierzona wartość ciśnienia w komorze 1. stopnia jest niższa od zalecanej przez producenta (0,55 bar, skorzystaj z wyjaśnień zawartych w pkt. 2.2.)

Kontrola ciśnienia pierwszego stopnia redukcji:

✗ odkręć zaślepkę na korpusie głównym reduktora

✗ podłącz manometr stosownie do zaleceń producenta

✗ uruchom silnik i zapewnij jego pracę na biegu jałowym przy zasilaniu LPG

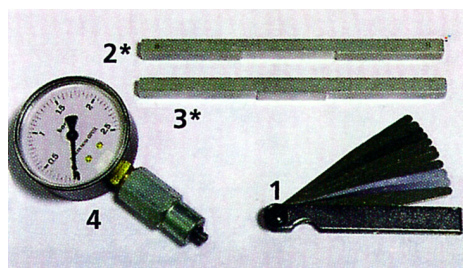
✗ ciśnienie musi zawierać się w zakresie 0,55-0,65 bar

✗ rozłącz manometr i wkręć ponownie zaślepkę

2.2. Kontrola stanowiskowa parownika-regulatora ciśnienia

W każdej sytuacji związanej z brakiem wymaganego ciśnienia, tzn. zarówno dla wartości niższej,

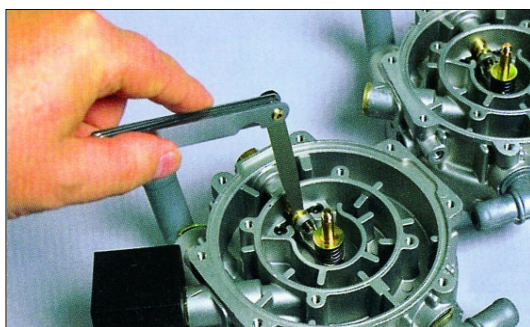
jak i wyższej od zalecanej przez producenta, wymaga się demontażu parownika i przeprowadzenia prób i pomiarów stanowiskowych. Ponieważ o prawidłowej pracy parownika-regulatora ciśnienia gazu decyduje kilka istotnych parametrów związanych z jego budową, weryfikacja ich jest bardzo prosta i szybka. Do przeprowadzenia weryfikacji jest niezbędny zestaw, w skład którego wchodzi



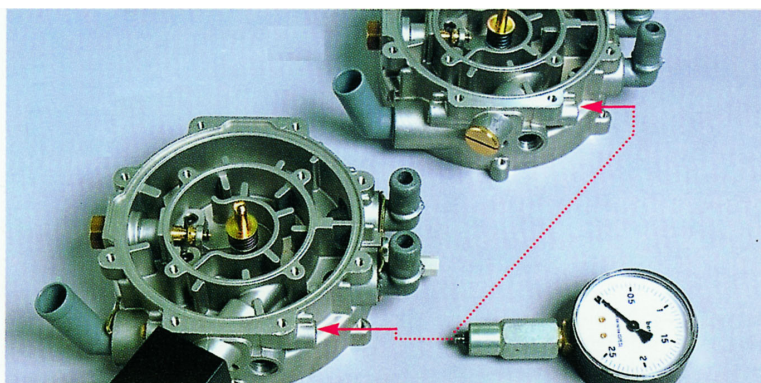
szczelinomierz (1), przymiar (2 i 3) oraz ciśnieniomierz o odpowiednio dobranym zakresie pomiarowym. Natomiast do wytworzenia ciśnienia należy wykorzystać sprężarkę powietrza o ciśnieniu minimalnym równym 8 bar. Szczelinomierz umożliwia przeprowadzenie pomiaru odległości grzybka dźwienki zaworu 1. stopnia redukcji od dyszy wlotowej. Ciśnieniomierz umożliwia pomiar ciśnienia

w komorze 1. stopnia redukcji. Natomiast przymiary dają możliwość sprawdzenia prawidłowości położenia dźwienki w komorze regulacyjnej. Szczegółową procedurę weryfikacyjną przedstawiono niżej. Rys. 2.13 przedstawia miejsce podłączenia manometru umożliwiającego pomiar ciśnienia w komorze 1. stopnia reduktorów typu G79 i G79 se. Pomiar ten można przeprowadzić zarówno na stanowisku, jak i na reduktorze zabudowanym w samochodzie. Pomiar ciśnienia w reduktorze zabudowanym w samochodzie wymaga jednak zastosowania specjalnego wysokociśnieniowego przewodu giętk-

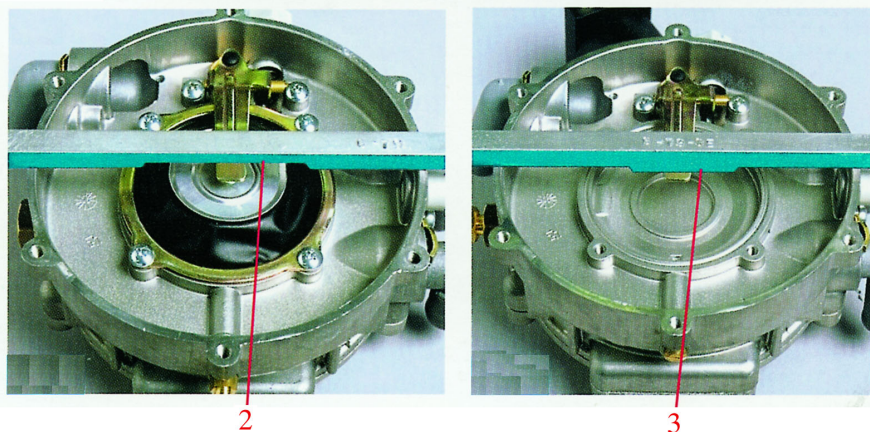
Rys. 2.12. Sposób pomiaru odległości pomiędzy grzybkiem a dyszą 1-stopień



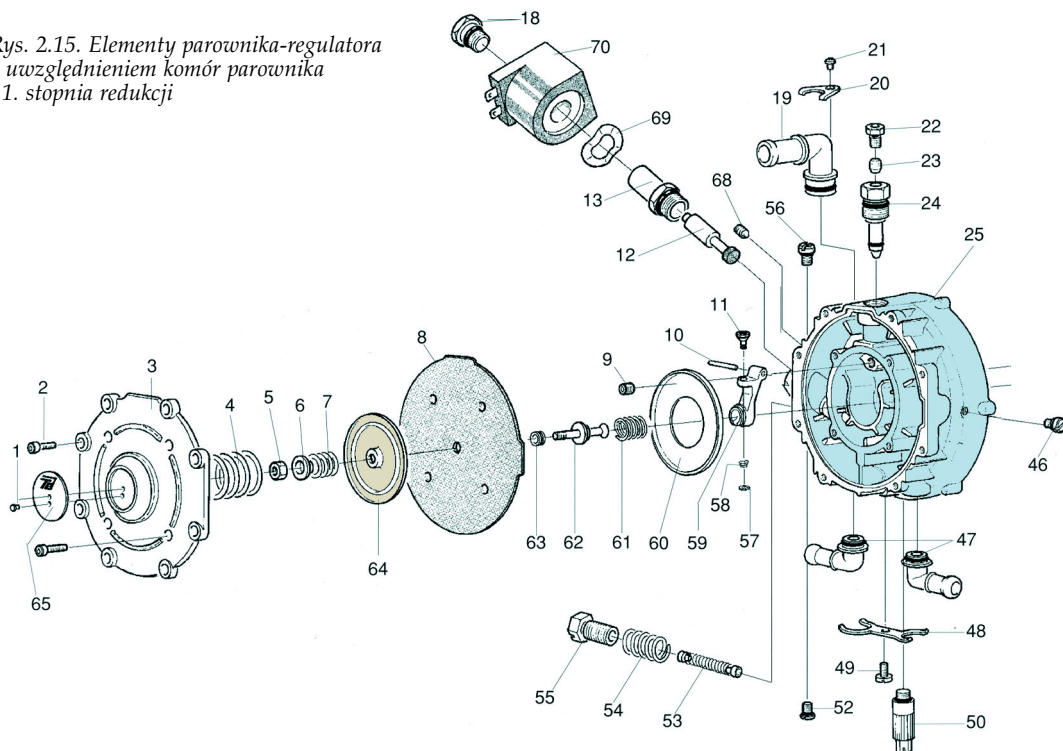
Rys. 2.13. Miejsce podłączenia manometru do pomiaru ciśnienia w komorze 1. stopnia



Rys. 2.14. Pomiar położenia dźwienki komory regulacyjnej



Rys. 2.15. Elementy parownika-regulatora z uwzględnieniem komór parownika i 1. stopnia redukcji



kiego o długości zapewniającej możliwość odczytu wskazywanych wartości w kabinie kierowcy. Ciśnienia wymagane dla prawidłowej pracy reduktora przedstawiono w pkt. 2.2.4. Odchyłka ciśnienia powyżej zalecanej wartości stanowi informację o:

- ✗ nieszczelności zaworu komory 1. stopnia redukcji; nieszczelność ta może być spowodowana zanieczyszczeniem grzybka zaworu, np. w wyniku przyklejenia się opiłków miedzi lub innych zanieczyszczeń stałych

- ✗ zużyciu grzybka zaworu, np. głębokim wgnieceniu tworzywa przez krawędź dyszy

W obu przypadkach konieczna jest wymiana grzybka (11, rys. 2.15) na nowy, z zachowaniem ostrożności przy jego demontażu. Połączenie grzybka z dźwigienką jest wahlliwe, co zapewnia jego prostopadłość przylegania do dyszy. Uzyskano to wykorzystując do tego celu sprężynę (58, rys. 2.15) i pierścień zabezpieczający (57, rys. 2.15).

Demontując grzybek należy uważać, aby:

- ✗ nie zgubić sprężyny
- ✗ nie uszkodzić jej, przez trwałe zniekształcenie

Zasadnicze procedury kontrolne, które umożliwiają zweryfikowanie parownika regulatora ciśnienia:

- ✗ kontrola luzu pomiędzy grzybkiem a dyszą w komorze 1. stopnia redukcji (rys. 2.12), przy użyciu szczelinomierza

- ✗ kontrola ciśnienia w komorze 1. stopnia, przeprowadzana po zmontowaniu komory

- ✗ kontrola położenia dźwigienki 2. stopnia, czyli w komorze regulacyjnej przy użyciu specjalnych sprawdzianów (rys. 2.14)

- ✗ kontrola spadku ciśnienia w komorze 1. stopnia, dla kompletnego parownika-reduktora przeprowadzana dla otwartego wypływu

2.2.1. Demontaż i montaż komory 1. stopnia redukcji parownika-regulatora ciśnienia

Pokrywa (3, rys. 2.15) komory parownika i komory redukcyjnej 1. stopnia jest przykręcona do korpusu za pomocą 12 śrub z łbem walcowym i otworem pod klucz imbusowy (2).

Wykręcając 12 śrub należy pamiętać o tym, że pod pokrywą jest umieszczona sprężyna (4), dlatego też w pierwszej kolejności najkorzystniej jest wykręcić te śruby, które znajdują się na obwodzie, a następnie wewnętrzne, odkręcając każdą z nich stopniowo. Taki sposób odkręcania nie spowoduje uszkodzenia membrany, śrub i gwintu w otworach korpusu. W przypadku, gdy pokrywa jest sklejana (zawulkanizowana z membraną), należy delikatnie podważyć ją szerokim śrubokrętem. Po zdjęciu pokrywki odkręcamy nakrętkę (5), która dociska sprężynę zaworu bezpieczeństwa (7) i demontujemy

elementy zaworu (6 - podkładka i 7 - sprężyna). Następnie ściągamy talerzyk membrany (64) i zdejmujemy z trzpienia (62) membranę (8). Stan membrany należy ocenić wzrokowo i w przypadku stwierdzenia jej nadmiernego zużycia - zakwalifikować do wymiany. Tulejka (63) jest elementem wymiennym i w przypadku wymiany membrany musi być włożona w otwór wewnętrzny nowej membrany. Komora pierwszego stopnia jest osłonięta talerzykiem (60) wykonanym z cienkiej blachy aluminiowej. Talerzyk ten jest wtłoczony w korpus reduktora i do jego zdjęcia należy zastosować szeroki śrubokręt. W wyniku podważenia talerzyka następuje jego nieznaczne odkształcenie, które można usunąć przez prostowanie, np. młotkiem gumowym.

Demontaż talerzyka odsłania dostęp do komory redukcyjnej, w której zlokalizowana jest dwuczęściowa dźwigenka (62 - trzpień i 59 - dźwigenka). Utrzymanie zespołu dźwienki zapewnia sprężyna (61). Swobodę ruchu dźwienki względem dyszy (24) zapewnia oś dźwienki (10). Oś utrzymywana jest w korpusie dwoma wkrętami (9), ich wykręcenie przy użyciu klucza imbusowego zwalnia całkowicie dźwigenkę. Wyjęcie dźwienki z wnętrza komory jest jednak możliwe dopiero po wykręceniu dyszy znajdującej się na końcu króćca dopływu gazu (24). Króciec ten jest wyposażony w dwa pierścienie uszczelniające typu o-ring, które należy sprawdzić pod kątem ich zużycia i ewentualnie zakwalifikować do wymiany.

2.2.2. Demontaż elektrozaworu odcinającego (parownik-regulator typu G79 se)

W celu demontażu elektrozaworu należy odkręcić wkręt (18, rys. 2.15), który dociska cewkę elektrozaworu. Następnie zdjąć cewkę i podkładkę (70 i 69). Zdjęcie cewki umożliwia odkręcenie tulei

i wyjęcie suwaka zaworu (13 i 12). Elementami, które należy poddać oględzinom, są uszczelnienia:

✗ jedno na końcu suwaka, zapewniające szczelność zaworu, którym jest grzybek nakładany na koniec suwaka; grzybek jest wyposażony w mosiężną płytkę stabilizującą jego położenie względem gniazda; w przypadku podjęcia decyzji o wymianie grzybka, płytkę tę należy wyjąć i włożyć do nowego grzybka

✗ drugie na śrubie dociskającej; jest nim pierścień uszczelniający typu o-ring

2.2.3. Demontaż komory regulacyjnej i komory odcinającej w parowniku regulatorze G79

W celu demontażu komory regulacyjnej należy odkręcić sześć wkrętów (37, rys. 2.16) dociskających pokrywę komory (32) do korpusu reduktora. Pokrywka parownika regulatora ciśnienia typu G79 jest wyposażona w elektrozawór, który spełnia rolę urządzenia zwiększającego ilość gazu wypływającego z reduktora, np. w trakcie uruchamiania zimnego silnika (36).

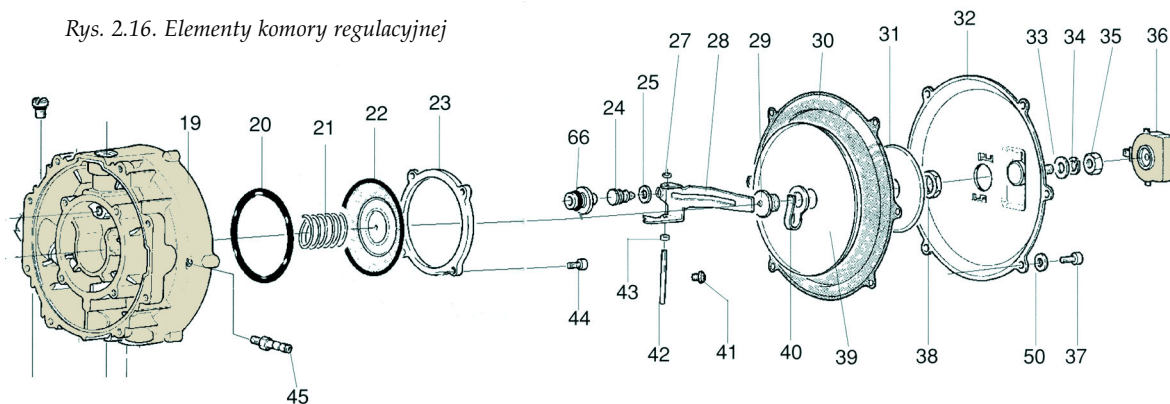
Zdjęcie wytłoczonej z blachy stalowej pokrywki umożliwia dostęp do membrany komory regulacyjnej (30). Membranę tę należy wyjąć z komory regulacyjnej, przesuwając ją w bok, tak aby sprężyna (40) zeskoczyła z dźwienki (28).

Membranę należy poddać ocenie i w przypadku stwierdzenia jej zużycia (np. stwardnienia gumy, pęknięć, załamania) wymienić.

Ponieważ nowa membrana nie jest wyposażona w talerzyki, śrubę, nakrętkę i sprężynę (odpowiednio 31, 39, 29, 38 i 40), należy zdemontować te elementy ze starej membrany i po przemyciu i wysuszeniu skrócić z nową.

Po wyjęciu membrany, wewnątrz korpusu widoczna jest dźwigenka regulująca wypływ gazu z reduktora. W celu demontażu dźwienki należy:

Rys. 2.16. Elementy komory regulacyjnej



✗ odkręcić śrubę regulacyjną (50); śruba ta napina sprężynę opartą na dźwigience, ustalając określoną czułość zespołu dźwigienka-membrana

✗ odkręcić dwa wkręty (42) utrzymujące oś obrotu dźwigienki

W czasie wyjmowania dźwigienki należy zwrócić uwagę na tulejki, które ustalają jej położenie względem środka dyszy doprowadzającej gaz do komory regulacyjnej (66). Tulejki te różnią się długością i przypadkowa zmiana ich położenia spowoduje nieprawidłową pracę komory regulacyjnej. Na końcu dźwigienki współpracującym z dyszą znajduje się gumowy grzybek, zapewniający uszczelnienie zaworu w pozycji zamknięcia. Grzybek ten należy sprawdzić pod względem zużycia. Nadmierne twardość, nierównomierny ślad współpracy z dyszą lub zbyt głęboko odcisnięty ślad współpracy kwalifikują grzybek do wymiany, która jest bardzo prosta, gdyż jest on montowany w otworze dźwigienki na wcisk.

Przed założeniem nowego grzybka należy:

✗ z usuniętego grzybka zdjąć pierścień mosiężny

✗ założyć pierścień na nowy grzybek

Pierścień ten zapewnia prawidłowe przyleganie do dyszy, a więc zapewnia właściwą pracę układu dysza-dźwigienka.

W parowniku-regulatorze ciśnienia typu G79, nazywanym inaczej „pneumatycznym”, we wnętrzu komory regulacyjnej znajduje się komora odciążająca (3, rys. 2.16). Komorę tę demontujemy wtedy, gdy:

✗ stwierdzono, że nie jest szczelna; na króćcu (45) wytwarzamy podciśnienie, membrana komory (22) powinna opaść w dół i pozostawać tam tak długo, jak długo utrzymywane jest podciśnienie na króćcu

✗ stwierdzono uszkodzenie sprężyny i komora nie zapewnia docisku dźwigienki do dyszy

✗ membrana jest zwiotczała i pomimo szczelności komory nie zapewnia prawidłowej pracy komory

✗ zasadniczym celem jest demontaż całego reduktora i poddanie go myciu, w celu usunięcia brudu i nalotów eksploatacyjnych

Demontaż tej komory jest związany z odkręceniem czterech wkrętów dociskających membranę za pośrednictwem pierścienia (23). Po odkręceniu tych śrub zdejmujemy kolejno pierścień, membranę, sprężynę i gumowy pierścień (odpowiednio 23, 22, 21 i 22). Pierścień gumowy (22), o przekroju zbliżonym do kwadratu, jest wyposażony w kilka przetłoczeń na powierzchni przylegającej do dna komory. Należy pamiętać o tym, aby w czasie wykonywania czynności odwrotnej, tzn. montażu komory, jeden z otworów znalazł się na wysokości

otworu połączonego z króćcem doprowadzającym podciśnienie (45). Inne umieszczenie może uniemożliwić połączenie komory z króćcem, tym samym komora nie będzie reagowała na pojawiające się podciśnienie i w konsekwencji z reduktora nie będzie wypływał gaz.

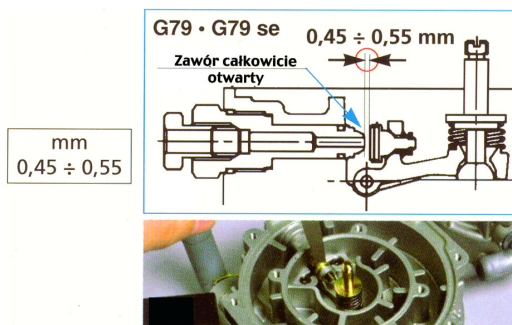
Demontaż pozostałych elementów reduktora, takich jak króćce wodne czy króciec wypływowy gazu zaślepki, jest bardzo prosty i wynika z rys. 2.15 i 2.16. Korpus pozbawiony elementów wewnętrznych i pokrywy można poddać czyszczeniu i suszeniu i po tej operacji przystąpić do montażu parownika.

Proces montażu będzie odbywał się odwrotnie do przedstawionych wyżej operacji demontażu i wymagał wykonania operacji kontrolnych, które należy realizować w ściśle określonych fazach.

2.2.4. Procedury kontrolne realizowane w trakcie montażu reduktora (parownika-regulatora ciśnienia G79 i G79 se)

✓ Sprawdzenie prawidłowości montażu komory 1. stopnia redukcji

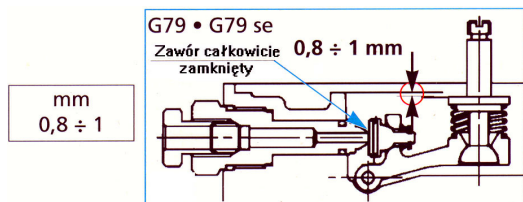
Po zmontowaniu komory 1. stopnia redukcji należy nacisnąć na trzpień dźwigienki tak, aby opadła na dno komory. Następnie wykorzystując szczerlinomierz mierzymy luz występujący pomiędzy grzybką dźwigienki i dyszą wlotową gazu. Procedurę przedstawia rys. 2.17.



Rys. 2.17

✓ Sprawdzenie położenia dźwigienki względem górnej krawędzi komory 1. stopnia

Po zmierzeniu luzu dla całkowicie otwartego zaworu, dźwigienkę przemieszczamy do góry tak, aby zamknąć całkowicie zawór. W tym położeniu dźwigienki kontrolujemy odległość między płaszczyzną trzpienia, na której spoczywa membrana, a górną krawędzią komory 1. stopnia. Procedurę i punkty pomiaru przedstawia rys. 2.18.

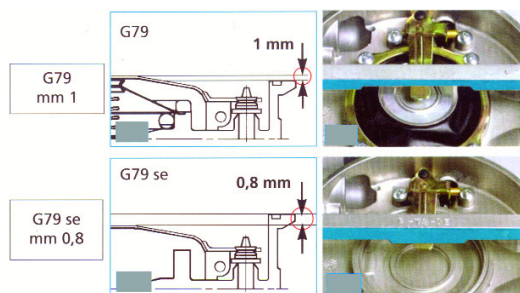


Rys. 2.18

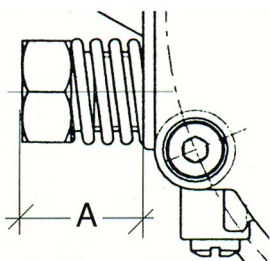
✓ Sprawdzenie położenia dźwienki komory regulacyjnej (niskiego ciśnienia)

Po zmontowaniu komory regulacyjnej należy dokonać pomiaru położenia końca dźwienki komory regulacyjnej względem krawędzi korpusu reduktora. Weryfikację tę przeprowadzamy wykorzystując sprawdziany przedstawione na rys. 2.14. W reduktorze typu G79 dźwienka wystaje ponad krawędź, natomiast w reduktorze typu G79 se jest obniżona w stosunku do tej krawędzi. Procedurę i punkty pomiaru przedstawia rys. 2.19a.

Dla zapewnienia prawidłowości powyższego



Rys. 2.19 a i b

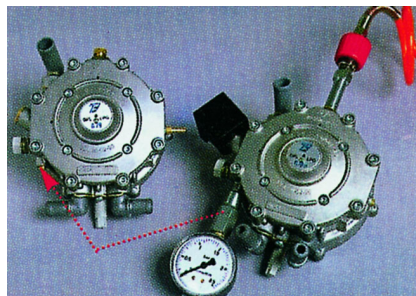


pomiaru weryfikacyjnego należy sprawdzić naprężenie sprężyny regulowane śrubą regulacji wypływu. Śruba ta powinna być wkręcona tak, aby odległość A wynosiła 17 mm. Procedurę przedstawia rys. 2.19b.

✓ Pomiary ciśnienia w komorze 1. stopnia

Po zmontowaniu całego parownika regulatora ciśnienia, należy zmierzyć ciśnienie panujące

w komorze 1. stopnia dla zamkniętego i otwartego wypływu z reduktora. W tym celu na wejście reduktora dostarczamy sprężone powietrze o ciśnieniu równym 10 bar. Manometr wkręcony w korpus umożliwia pomiar ciśnienia w tych dwóch stanach pracy reduktora. Procedurę przedstawia rys. 2.20.



Rys. 2.20

Należy pamiętać, że:

- ✗ podczas weryfikacji reduktora G79 se w celu zapewnienia wypływu gazu należy otworzyć elektrozawór

- ✗ wypływ gazu z reduktora wymuszamy naciskiem na talerzyk membrany komory regulacyjnej (przez otwór w pokrywie)

W trakcie tej próby wskazane jest również sprawdzenie zewnętrznej szczelności parownika-reduktora ciśnienia

Wymagane ciśnienia:

wypływ zamknięty 0,5÷0,7 bar

wypływ otwarty 0,3÷0,4 bar

Dla reduktora typu G79 se Super+ (o zwiększonej wydajności):

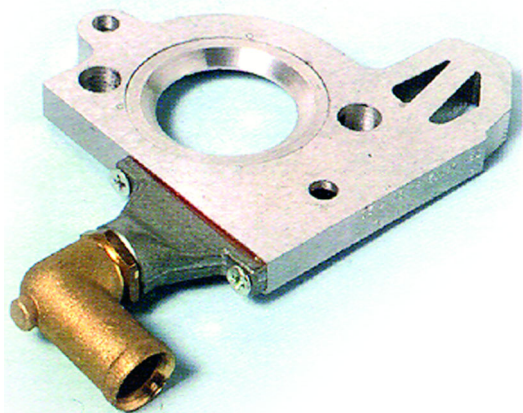
wypływ zamknięty 0,8÷0,9 bar

wypływ otwarty 0,5÷0,6 bar

Stosowanie się do powyższych procedur zapewnia uzyskanie poprawnego działania parownika-regulatora ciśnienia, niezależnie od okresu jego dotychczasowej eksploatacji. Należy pamiętać o tym, że wymiana membran pociąga za sobą konieczność dokręcenia 12 śrub reduktora po przebiegu wynoszącym ok. 1500 km.

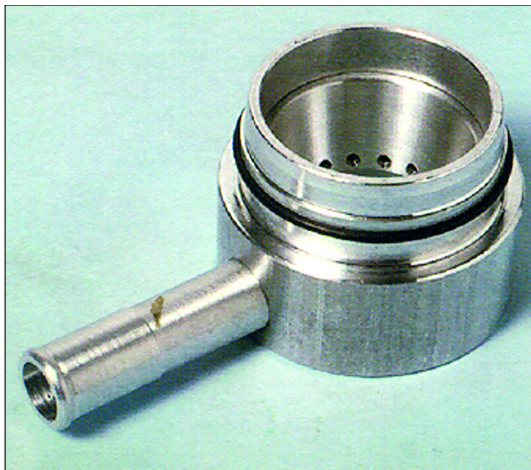
2.3. Mieszalnik gazu i powietrza

W klasycznych systemach zasilania paliwami gazowymi mieszalniki są końcowym elementem układu zasilania gazem. Zadaniem ich jest wytworzenie mieszaniny gazu z powietrzem o składzie zapewniającym odpowiednio wysoką sprawność spalania. Spełnienie tego warunku nie jest łatwe, biorąc pod uwagę zmienne warunki pracy silnika



Rys. 2.21. Przykład mieszalnika kryzowego

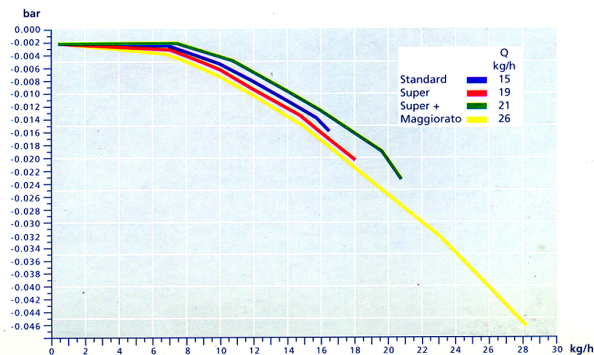
Rys. 2.22. Przykład mieszalnika z dyszą Venturiego



samochodu. Na podstawie wieloletnich badań i różnych rozwiązań konstrukcyjnych stwierdzono, że najkorzystniejszym rozwiązaniem są mieszalniki ze zwężką lub dyszą Venturiego. Liczbę otworów i ich średnicę dobiera się eksperymentalnie, na hamowni podwozowej. Tylko taki tok postępowania zapewnia uzyskanie:

- ✗ wymaganego składu mieszanki w całym zakresie pracy silnika
- ✗ minimalnego zużycia paliwa gazowego
- ✗ minimalnego dławienia powietrza przepływającego przez układ dolotowy

Przykłady kilku różnych konstrukcji mieszalników przedstawiono na rys. 2.21, 2.22 oraz 2.24-2.26. Powietrze zasysane przez silnik wytwarza w układzie dolotowym podciśnienie, którego war-



Rys. 2.23. Charakterystyka reduktora regulatora przedstawiająca zależność wydajności reduktora od podciśnienia w układzie dolotowym (linią żółtą wykreślono charakterystykę reduktora o podwyższonej wydajności)

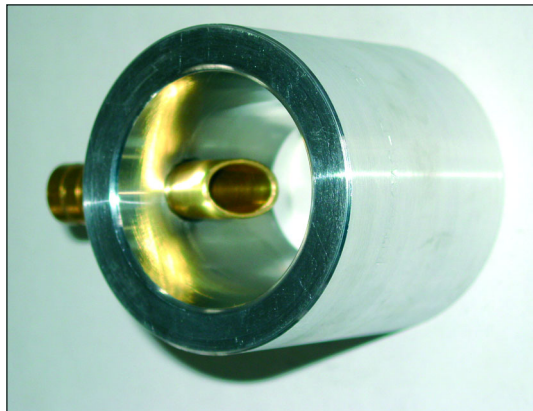
tość zależy od obciążenia silnika. Wartość tego podciśnienia określa ilość gazu wypływającego z reduktora do mieszalnika, w którym następuje wymieszanie się gazu z powietrzem dolotowym. Zasadę tą przybliża charakterystyka przedstawiona na rys. 2.23.

Lokalizacja mieszalnika, a więc miejsce jego zabudowy w układzie dolotowym, jest bardzo ważna dla zapewnienia prawidłowego zasilania silnika. Dlatego też należy bezwzględnie stosować się do zaleceń producenta, określonych w instrukcjach montażu. Biorąc pod uwagę dotychczasowe doświadczenia, można określić przybliżoną lokalizację mieszalnika następująco:

- ✗ w silnikach gaźnikowych nad gaźnikiem lub w przewodzie doprowadzającym powietrze do gaźnika

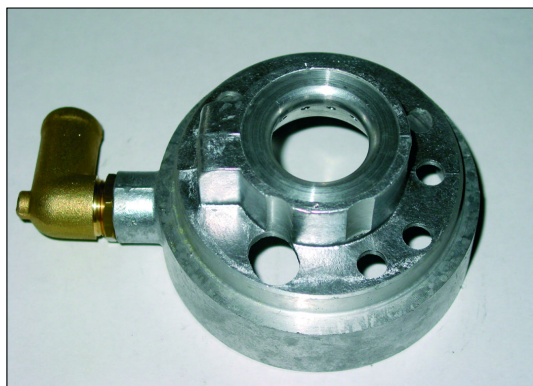
Rys. 2.24. Dysze Venturiego





Rys. 2.25. Mieszalnik soniczny

Rys. 2.26. Mieszalnik ze skróconą dyszą Venturiego przeznaczony dla silnika gaźnikowego



- ✗ w silnikach zasilanych wtryskowo:
 - w silnikach z układem wtrysku jednopunktowego - w podziale zespołu wtryskowego lub w przewodzie doprowadzającym powietrze do zespołu wtryskowego
 - w silnikach z układem wtrysku wielopunktowego w przewodzie dolotowym, gdy układ jest wyposażony w przepływomierz mechaniczny typu Vortex przed przepływomierzem lub za przepływomierzem, pod warunkiem stosowania kompensacji ciśnieniowej
 - na zespole przepustnic, pod warunkiem stosowania mieszalników z kryzą

2.3.1. Zalecenia montażowe

- ✗ Miejsce montażu mieszalnika jest przedstawione w instrukcjach opracowanych dla większości popularnych samochodów lub instrukcji dołączonej do mieszalnika.
- ✗ Podczas montażu należy sprawdzić właściwy kierunek napływu powietrza do mieszalnika. Ła-

godnie opadająca krawędź powinna znaleźć się od strony silnika.

✗ Należy dokładnie sprawdzić prawidłowość uszczelnienia mieszalnika, tak aby nie wystąpiło zasysanie „fałszywego powietrza”.

✗ Długość przewodu łączącego parownik-regulator ciśnienia z mieszalnikiem powinna być ograniczona do minimum. W przypadku niektórych pojazdów, długość przewodu jest ściśle określona w instrukcji montażu.

2.3.2. Usuwanie przyczyn niesprawności

✓ Niewłaściwie dobrany mieszalnik (problemy z uzyskaniem właściwych parametrów pracy w czasie regulacji) - sprawdź, czy zamontowano właściwy mieszalnik korzystając z instrukcji fabrycznej.

✓ „Fałszywe powietrze” lub otwarty obwód powietrzny - sprawdź, czy właściwie zamontowano uszczelnienia układu zasilającego. Jeżeli jest to niezbędne, użyj małych ilości kitu lub silikonu.

✓ Trudności w przepływie gazu - należy oczyścić wlot gazu, a następnie odkręcić śrubę regulacyjną całkowicie i wkręcić ją z powrotem, nie za głęboko.

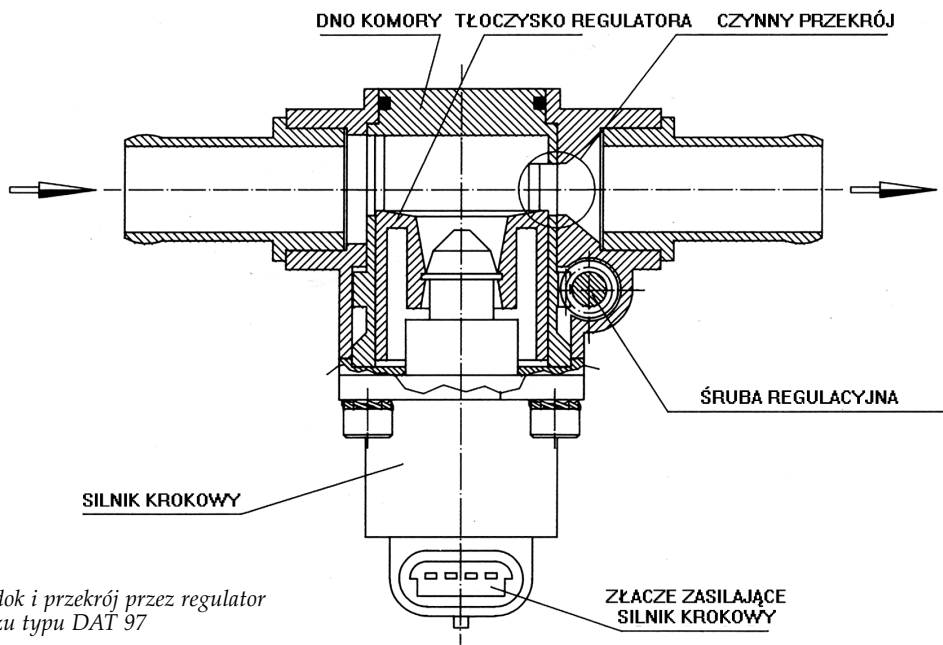
2.4. Regulator przepływu

Zasadniczo przepływ gazu jest określony właściwym doбором mieszalnika i reduktora. Jednak pomiędzy mieszalnikiem i reduktorem stosowane są urządzenia, zapewniające precyzyjną regulację ilości gazu dopływającego do silnika. Ich znaczenie i sposób montażu wyjaśniono w pkt. 2.6.1.

W praktyce wykorzystywane są dwa systemy regulacji przepływu gazu: sterowany elektronicznie i mechaniczny regulacji.

System sterowany elektronicznie

W najnowszych systemach regulacji przepływu gazu stosowane są zawory sterowane elektronicznie. Przekrój czynnej powierzchni, przez którą przepływa gaz, jest ustalony położeniem tłoczyska. Tłoczysko jest napędzane np. silnikiem krokowym, sterowanym przez elektroniczny system sterowania. Regulator koryguje skład mieszanki tak, aby mieszanka wytworzona w mieszalniku spełniała wymagania katalitycznego dopalacza spalin, tzn. aby współczynnik nadmiaru powietrza zawierał się w przedziale od 0,998 do 1,003. W celu zapewnienia szybkiej reakcji ze strony układu regulacji zawór umieszczany jest jak najbliżej mieszalnika lub bezpośrednio na mieszalniku.



Rys. 2.27. Widok i przekrój przez regulator przepływu gazu typu DAT 97

Regulator przepływu typu DAT 97 ma charakterystykę liniową, tzn. każdemu z kroków wykonanych przez silnik odpowiada ten sam przyrost lub zmniejszenie powierzchni czynnej kanału, którym przepływa gaz w kierunku mieszalnika.

System mechanicznej regulacji

W tradycyjnych systemach zasilania gazowego stosowanych w silnikach bez katalizatora i sondy lambda jest montowany mechaniczny regulator przepływu, nazywany „śrubą mocy”. W celu zapewnienia prawidłowego działania powinien on być umieszczony jak najbliżej mieszalnika. Przekrój czynny przepływu gazu jest regulowany za pomocą śruby regulatora.



Rys. 2.28. Przykłady dwóch śrub regulacyjnych wykorzystywanych w regulacji mechanicznej

2.5. Zawory odcinające

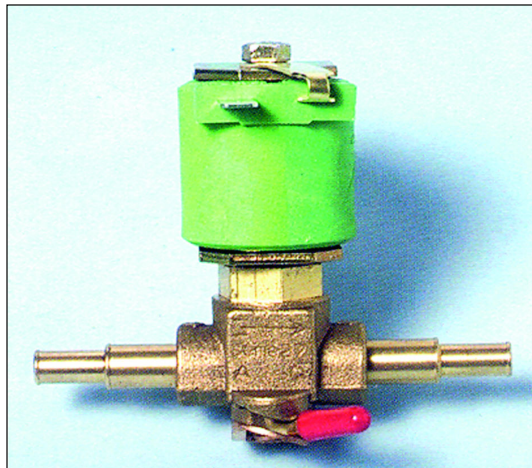
W celu zapewnienia bezpieczeństwa w instalacji stosowane są zawory ręczne oraz zawory elektromagnetyczne. Zawory elektromagnetyczne są tak skonstruowane, aby w przypadku unieruchomienia silnika, tj. zaniku napięcia zasilającego, nastąpiło ich natychmiastowe zamknięcie.

W silnikach gaźnikowych niezbędny jest natomiast zawór odcinający - benzynowy, który odcina dopływ paliwa do gaźnika podczas zasilania gazem.

Zawór benzynowy umożliwia odcięcie dopływu



Rys. 2.29. Przykład zaworu elektromagnetycznego odcinającego dopływ gazu ze zbiornika do parownika-regulatora ciśnienia



Rys. 2.30. Elektrozwór benzynowy

paliwa płynnego do gaźnika, podczas gdy silnik zasilany jest gazem.

W czasie zasilania gazem zawór benzynowy jest zamknięty, a otwiera się, gdy przez cewkę przepływa prąd, co umożliwia dopływ paliwa do gaźnika i pracę silnika na benzynie.

W samochodzie, w którym silnik zasilany jest alternatywnie (benzyną lub gazem) wszystkie zawory są sterowane przełącznikami rodzaju zasilania.

Od stycznia 2002 r. w instalacjach gazowych jest stosowany również dodatkowy, sterowany elektromagnetycznie zawór odcinający. Znajduje się on na płycie armaturowej zbiornika gazu lub jest jednym z elementów osprzętu zespolonego - wielozaworu.

2.5.1. Zalecenia montażowe dotyczące zaworu odcinającego dopływ gazu

✗ Zawór odcinający jest wyposażony w dwa przyłącza - wlotowe w dolnej części obudowy filtra i wylotowe w górnej części. W zaworach, w których wlot i wylot znajdują się w korpusie głównym, kierunek przepływu jest określony strzałką, umieszczoną na korpusie. Uwzględnienie kierunku przepływu przez zawór jest bardzo ważne, gdyż zapewnia poprawną jego pracę.

✗ Zawór powinien być zamontowany pionowo, z cewką znajdującą się na górze.

✗ Zawór nie powinien być montowany na silniku, gdyż drgania silnika mogą spowodować jego rozszczelnienie.

Jeżeli elektrozwór odcinający jest oddalony od parownika, to na połączeniu pomiędzy zaworem a parownikiem-regulatorem ciśnienia powinna być zastosowana pętla kompensacyjna.

✗ Przed przykręceniem przewodów do króćców zaworu należy je przedmuchać sprężonym powietrzem, w celu usunięcia zanieczyszczeń i opiłków metali. Po przykręceniu rurki do przyłącza wlotowego należy sprawdzić, czy uszczelnienie obudowy filtra zapewnia szczelność.

2.5.2. Uszkodzenia zaworu gazowego

Nieszczelność zaworu

✗ Sprawdź uszczelnienie obudowy filtra, a jeśli jest to możliwe - dokręć śrubę mocującą kielich filtra.

✗ Sprawdź uszczelnienie na przyłączy wlotowym i wylotowym.

✗ Sprawdź, czy prawidłowo jest założony pierścień uszczelniający lub prawidłowo zamocowana końcówka przewodu.

Za mały przepływ gazu

✗ Sprawdź stan wkładu filtra, jeżeli jest to możliwe - oczyść go lub dokonaj jego wymiany.

✗ Zbyt duży opór przepływu na pętli kompensacyjnej (zbyt mocne załamanie przewodu w czasie wykonywania pętli kompensacyjnej).

Obydwa przypadki można zweryfikować w trakcie jazdy, po podłączeniu manometru do komory 1. stopnia redukcji w reduktorze. Występujące opory przepływu spowodują bowiem znaczny spadek ciśnienia.

Zawór odcinający nie pracuje - uszkodzenia elektryczne

✗ Sprawdź, czy zawór otwiera się po zasilaniu cewki napięciem 12 V.

✗ Sprawdź połączenia masowe cewki elektrozworu (maks. opór 0,5 Ω).

✗ Sprawdź oporność cewki, która powinna wynosić ok. 18 Ω.

✗ Sprawdź, czy jest odpowiednie napięcie zasilające cewkę w trakcie pracy silnika oraz jazdy.

✗ Wymień zawór, jeśli poprzednio wspomniane próby nie przyniosły pozytywnego rezultatu.

2.5.3. Zalecenia montażowe dotyczące elektrozworu paliwowego

✗ Zawór ten jest umieszczony pomiędzy pompą paliwa a gaźnikiem. Umieszczona na korpusie strzałka wskazuje wymagany kierunek przepływu benzyny przez zawór. W niektórych rozwiązaniach zawór ten jest wyposażony w trzy króćce. Jeden z nich jest króćcem przelotowym paliwa i wykorzystujemy go jedynie, gdy zaleca to instrukcja montażowa. W przypadku wykorzystania tego króćca łą-

czymy go z przewodem przelewowym, stosując zawór zwrotny.

✗ Zawór montujemy pionowo, umieszczając jego cewkę w górze.

✗ Zaworu paliwowego nie należy montować na bloku silnika, ponieważ wskutek wibracji może zarówno nie zapewnić szczelności, jak i ulec uszkodzeniu.

✗ Z zaworem można łączyć jedynie przewody paliwowe atestowane, specjalnie oznakowane i osuszone przed montażem, o wymiarach zapewniających uzyskanie szczelności połączenia.

✗ Przewód paliwowy po nasunięciu na króćce należy zabezpieczyć opaskami zaciskowymi.

✗ Przewody paliwowe nie powinny być zbyt krótkie, gdyż na skutek drgań silnika może nastąpić ich zerwanie lub pęknięcie.

Aby cewka elektrozaworu funkcjonowała prawidłowo, niezbędne jest zapewnienie właściwego połączenia z masą. Jest to szczególnie istotne, gdy montujemy zawór, którego elementy są wykonane z tworzyw sztucznych.

2.5.4. Uszkodzenia elektrozaworu benzynowego

✓ Wyciek paliwa

✗ Należy sprawdzić połączenia przewodów z króćcami oraz obejmy zaciskające przewód.

✗ Należy wymienić zawór w przypadku, gdy nieszczelność wystąpiła w wyniku uszkodzenia jego korpusu.

✓ Zawór nie zamyka się całkowicie i podczas zasilania silnika gazem paliwo płynne dostaje się do silnika

Czynności poniższe należy wykonywać po usunięciu benzyny z przewodu, sprawdzając kolejno:

✗ czy cewka elektrozaworu jest zasilana właściwym napięciem

✗ czy przewody paliwowe zostały połączone właściwie - dopływowy z króćcem wlotowym, a wypływowy z króćcem wylotowym

✗ czy elektrozawór benzynowy nie jest zanieczyszczony, a jeśli tak - należy go wymienić

✗ czy elektrozawór nie został zamontowany w takim miejscu, które jest narażone na drgania, gdyż wibracje te mogą być przyczyną wycieku

✓ Elektrozawór benzynowy nie działa (uszkodzenia elektryczne)

Należy sprawdzić:

- czy zawór otwiera się, gdy bezpośrednio z akumulatora zasilasz jego cewkę napięciem 12 V

- czy oporność połączenia masowego pomiędzy korpusem zaworu a nadwoziem samochodu nie przekracza maks. 0,5 Ω

- oporność cewki elektrozaworu przy użyciu omomierza (ok. 18 Ω)

Podczas zasilania silnika gazem należy sprawdzić, czy cewka elektrozaworu jest zasilana właściwym napięciem. Jeżeli napięcie to nie jest właściwe, należy sprawdzić połączenia elektryczne z przełącznikiem rodzaju zasilania.

Zawór powinien być wymieniony, jeżeli przeprowadzono wszystkie ww. czynności, a nie doprowadzono do usunięcia uszkodzenia.

2.6. Zawór zwrotny paliwowy

W niektórych przypadkach w układach zasilania gaźnikowego występuje konieczność zastosowania zaworu powrotnego na przewodzie odprowadzającym nadmiar paliwa z gaźnika do zbiornika. W przypadku zmniejszenia prędkości obrotowej silnika i wzrostu ciśnienia paliwa zawór ten uniemożliwia przepływ paliwa do komory płwakowej gaźnika przewodem powrotnym. Należy również uwzględnić fakt, że opary paliwa wypełniające przewód przelewowy mogą mieć wpływ na pracę silnika na biegu jałowym.

2.6.1. Instrukcja montażu

Zawór zawrotny musi być zamontowany na przewodzie powrotnym zgodnie z kierunkiem przepływu paliwa. Kierunek przepływu jest oznakowany na korpusie zaworu. Połączenia przewodów z zaworem muszą być zabezpieczone opaskami. Specjalne połączenie (powrotne) jest wykorzystywane jedynie w specyficznych przypadkach, o czym informują szczegółowe instrukcje montażu.

2.7. Przewody wysokociśnieniowe

Płynna mieszanina propan-butan jest dostarczana do parownika-regulatora ciśnienia przewodami wysokociśnieniowymi. Przewodami tymi są rurki miedziane o średnicy zewnętrznej 6 i 8 mm oraz grubości ścianki 1 mm, zabezpieczone osłoną z tworzywa sztucznego. Przewody o średnicy 8 mm są wykorzystywane do połączenia wlewu paliwa z osprzętem zespolonym zbiornika, gdyż większy przekrój umożliwia skrócenie czasu napełniania zbiornika gazem. Przewód o średnicy 6 mm jest wykorzystywany do połączenia zbiornika z parownikiem-regulatorem ciśnienia. Liczba połączeń przewodów powinna być ograniczona do minimum, czyli do takiej liczby, która wynika z liczby łączonych elementów i urządzeń.

2.7.1. Instrukcja montażu przewodów wysokociśnieniowych

Przystępując do montażu wysokociśnieniowego przewodu miedzianego należy sprawdzić:

- ✗ czy nie ma on trwałych załamania
- ✗ czy jego powierzchnia nie jest uszkodzona
- ✗ czy ma odpowiednie oznakowanie

1. Przewód nie powinien być narażony na wibracje, dlatego należy stosować uchwyty-obejmy mocujące rozmieszczone równomiernie na całej długości przewodu, mniej więcej co 40-70 cm. Obejmy przewodów powinny być zabezpieczone przed korozją. Otwory pod blachowkręty mocujące obejmy powinny mieć średnicę od 3,2 do 3,4 mm, w zależności od grubości blachy.

2. Przewód nie może znajdować się w odległości mniejszej niż 10 cm od elementów układu wydechowego. Jeżeli nie jest możliwe zachowanie tej odległości, należy zastosować ekrany termiczne.

3. Przewód nie może wystawać poza obrys podwozia samochodu.

4. W komorze bagażnika oraz silnika przewód powinien być ułożony tak, aby nie był narażony na uszkodzenia oraz nie utrudniał dostępu do silnika.

5. W celu zabezpieczenia przewodu w okolicach ostrych krawędzi należy stosować pętle kompensacyjne lub elementy konstrukcyjne zabezpieczające przewód przed uszkodzeniem.

6. Na odcinku od zbiornika do zaworu odcinającego przewód powinien być nie dzielonym odcinkiem.

7. Przed połączeniem przewodu z elementami i urządzeniami należy przedmuchać go sprężonym powietrzem.

2.7.2. Połączenia - złącza przewodów

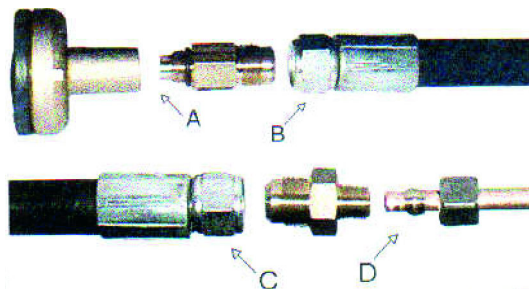
Do łączenia przewodów z elementami i urządzeniami instalacji mogą być stosowane jedynie dwa rodzaje połączeń:

- ✗ połączenia wykorzystujące pierścienie samozacinające
- ✗ połączenia wykorzystujące złącza kielichowe

Kolejność postępowania w przypadku przygotowywania przewodu

Dla połączeń z pierścieniami samozacinającymi

- ✗ Przewód z rulonu należy obciąć za pomocą specjalnego obcinaka do rurek miedzianych, tak aby uzyskać wymaganą jego długość.
- ✗ Odciąć izolację na długości ok. 4 cm.



Rys. 2.31. Połączenia z pierścieniem samozacinającym (C) i kielichowe (B i D)

- ✗ Wsunąć nakrętkę i pierścień samozacinający na przewód.

- ✗ Osadzić rurkę w części prowadzącej otworu (na końcu otwór ma średnicę równą średnicy przewodu, co zapewnia prawidłowe jego prowadzenie).

- ✗ Dokręcić nakrętkę lub wkrętkę wstępnie palcami do oporu, a następnie kluczem.

- ✗ Sprawdzić szczelność połączenia sprężonym powietrzem.

Dla połączeń kielichowych

- ✗ Przewód z rulonu należy obciąć za pomocą specjalnego obcinaka do rurek miedzianych, tak aby uzyskać wymaganą jego długość.

- ✗ Odciąć izolację na długości ok. 4 cm.

- ✗ Wsunąć nakrętkę.

- ✗ Za pomocą przyrządu do kielichowania przewodu należy wykonać kilka operacji, które umożliwią wykonanie kielicha:

- zaciśnąć klamrą przewód w taki sposób, aby wystawał tylko 2 mm i zakręcić nakrętkę unieruchamiając przewód

- zamocować rozpórkę i dokręcając ją - wykonać zakończenie przewodu w kształcie kielicha

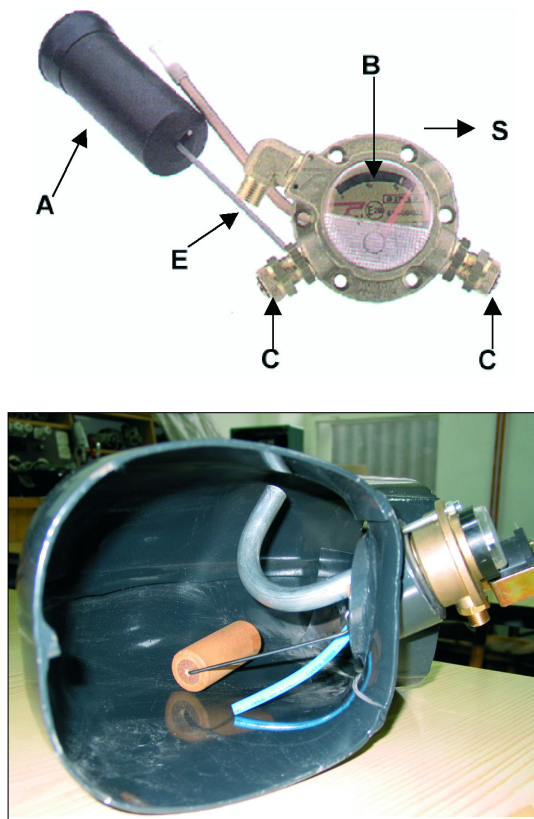
- ✗ Przedmuchać przewód sprężonym powietrzem i zamontować go.

- ✗ Sprawdzić szczelność połączenia.

2.8. Zbiornik, ramka zbiornika i inne elementy związane ze zbiornikiem

Większość stosowanych zbiorników ma kształt cylindryczny, jakkolwiek stosowane są również inne kształty.

Zbiorniki są dopuszczane do użytkowania wyłącznie po badaniach przeprowadzonych przez inspektorów Krajowego Dozoru Transportowego i dostarczane z kompletnym, właściwie dobranym osprzętem. Osprzęt ten występuje jako zespolony lub rozdzielony. Jego nieodzownym wyposażeniem jest



Rys. 2.32. Widok osprzętu zespolonego i przekrój przez zbiornik toroidalny z zabudowanym osprzętem zespolonym odpowiadającym wymaganiom poprawki 01

zawór bezpieczeństwa lub urządzenie zabezpieczające przed nadmiernym wzrostem ciśnienia (PRD).

Wydatek zaworu bezpieczeństwa zależy od powierzchni zewnętrznej zbiornika i jest określany z zależności:

$$Q \geq 10,66 \times A \times 0,82$$

gdzie:

Q - wymagany wydatek zaworu

A - powierzchnia zewnętrzna zbiornika

Określenie wymaganego wydatku zaworu jest obecnie bardzo łatwe, gdyż informacja o powierzchni zewnętrznej każdego zbiornika jest zawarta w załączniku 2B do dokumentu homologacyjnego zbiornika. W przypadku, gdy wydatek zaworu bezpieczeństwa Q jest większy od $17,7 \text{ Nm}^3/\text{min}$, zawór ten może być uznany za urządzenie zabezpieczające przed nadmiernym wzrostem ciśnienia (PRD). Jest to o tyle ważne, gdyż zarówno zbiornik, jak i instalacja zabudowana na pojeździe muszą być wyposażone właśnie w to urządzenie. W rozwiązaniach

konstrukcyjnych producentów włoskich funkcję urządzenia zabezpieczającego przed nadmiernym wzrostem ciśnienia spełniają bezpieczniki topikowe, czyli wkładki wykonane ze stopów metali o temperaturze topnienia równej $120 \pm 10^\circ\text{C}$.

Ponieważ zarówno zawór bezpieczeństwa, jak i bezpiecznik topikowy powinny mieć kontakt wyłącznie z przestrzenią zbiornika wypełnioną fazą gazową (rys. 2.37), wszystkie zawory są wyposażone w rurki o średnicy wewnętrznej od 16 do 18 mm, których koniec powinien zawsze znajdować się w najwyższym punkcie zbiornika.

Obowiązkowe wyposażenie zbiornika stanowią następujące urządzenia:

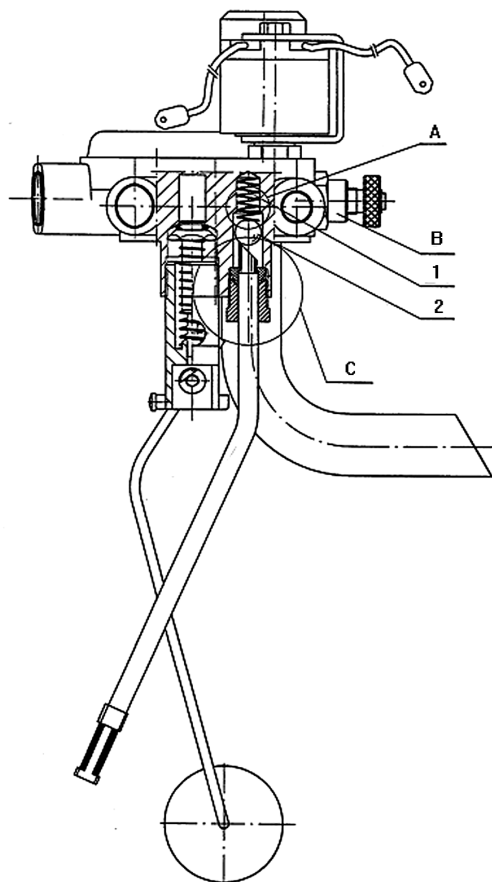
- ✗ zawór ograniczający napełnienie zbiornika do 80%
- ✗ wskaźnik poziomu paliwa
- ✗ urządzenie zabezpieczające przed nadmiernym wzrostem ciśnienia
- ✗ zawór ograniczający nadmierny wypływ ze zbiornika
- ✗ zawór zwrotny
- ✗ elektromagnetyczny zawór odcinający wypływ gazu ze zbiornika

Ramię pływaka zastosowane w osprzęcie zespolonym steruje zarówno zaworem ograniczającym napełnienie zbiornika, jak i wskaźnikiem poziomu LPG. Ruch ramienia pływaka jest przeniesiony za pomocą pola magnetycznego na wskaźnik. Aby można było odczytać poziom gazu zgromadzonego w zbiorniku na desce rozdzielczej, wykorzystywane są przetworniki fotoelektryczne lub rezystancyjne.

Urządzenie zabezpieczające przed nadmiernym wzrostem ciśnienia to zawór bezpieczeństwa o minimalnym wydatku $17,7 \text{ Nm}^3/\text{min}$ lub zawór bezpieczeństwa oraz bezpiecznik topikowy. Zawór nadciśnieniowy zapobiega zbyt wysokiemu ciśnieniu w zbiorniku i uruchamia się, gdy ciśnienie przekracza 27 bar.

Osprzęt zbiornika może być wyposażony również w osłonę hermeticzną. Osłona ta umożliwia wyprowadzenie na zewnątrz pojazdu gazu wydostającego się z ewentualnych nieszczelności.

Na rys. 2.33 widoczne są zasadnicze elementy osprzętu zespolonego, nazywanego również wielozaworem. Ręczny zawór odcinający B wspomaga działanie elektromagnetycznego zaworu odcinającego. Gdy silnik samochodu jest zasilany LPG, zawór ten jest otwarty i umożliwia przepływ gazu do parownika-regulatora ciśnienia. W przypadku uszkodzenia przewodu lub złącza przewodu z osprzętem zespolonym uruchamiany jest zawór ograniczający nadmierny wypływ gazu ze zbiornika. Zasadę jego działania przedstawia rys. 2.34.



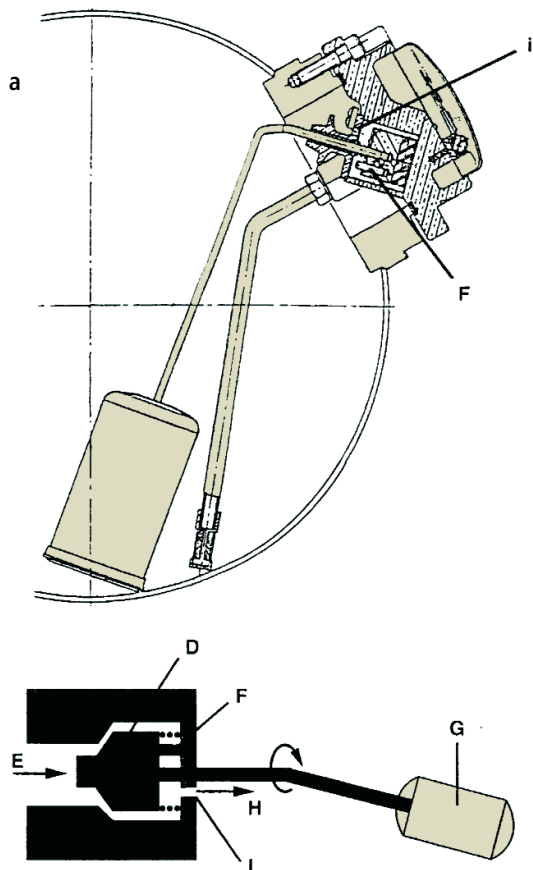
Rys. 2.33. Przekrój przez osprzęt zespolony spełniający wymagania poprawki 01: A - zawór zabezpieczający przed nadmiernym wypływem gazu ze zbiornika, B - ręczny zawór odcinający, C - zawór ograniczający wypływ, 1 - sprężyna, 2 - kulka

Zamknięcie wypływu ze zbiornika jest spowodowane:

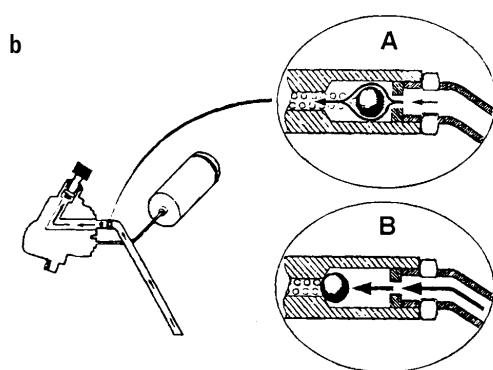
- ✗ różnicą ciśnień przekraczającą 90 kPa
- ✗ wypływem gazu przekraczającym 8 dm³/min, przy ciśnieniu 700 kPa

Faza swobodnego przepływu A jest przedstawiona na rys. 2.34b - gaz opływa kulkę zaworu, wzrost różnicy ciśnień pomiędzy ciśnieniem w zbiorniku i w przewodzie powoduje przemieszczenie kulki i zamknięcie wypływu (B).

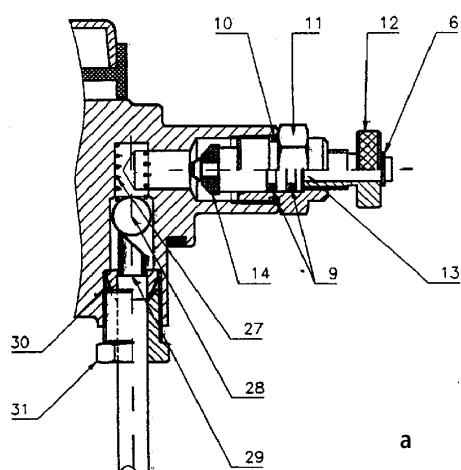
Dla zapewnienia prawidłowej pracy zaworu ograniczającego napełnienie zbiornika niezbędny jest właściwy dobór osprzętu zbiornika. W przypadku zbiornika cylindrycznego, aby zapewnić właściwy dobór osprzętu, uwzględniamy jego średnicę i kąt pochylenia króćca lub płyty armaturowej. Natomiast zbiornik toroidalny wymaga uwzględ-



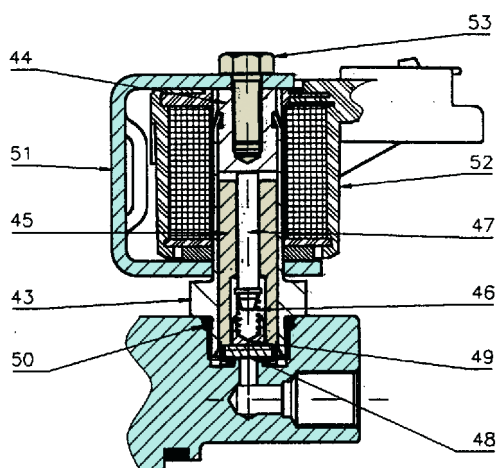
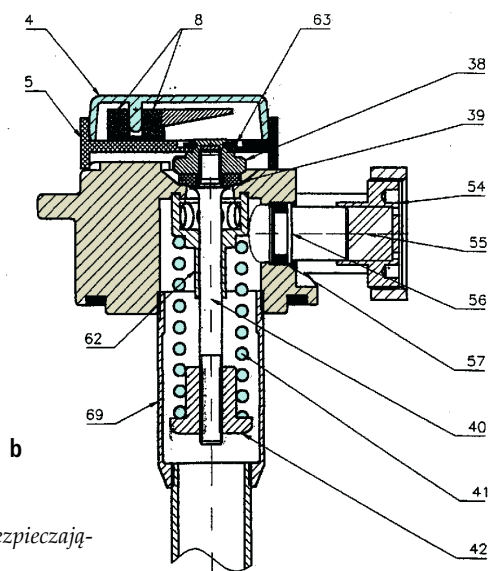
Rys. 2.34. Sposób prawidłowej zabudowy osprzętu zespolonego i zasada jego działania (u góry) oraz zasada działania zaworu ograniczającego nadmierny wypływ



nienia sposobu umieszczenia króćca (może on być wewnętrzny lub zewnętrzny), wysokości zbiornika oraz kąta pochylenia króćca lub płyty armaturowej. W przypadku zbiorników toroidalnych każdy osprzęt musi być wyposażony w rurkę, która



Rys. 2.35. Przekrój przez ręczny zawór odcinający, zawór zabezpieczający przed nadmiernym wypływem, wskaźnik poziomu, zawór bezpieczeństwa i bezpiecznik topikowy



Rys. 2.36. Przekrój przez elektromagnetyczny zawór odcinający

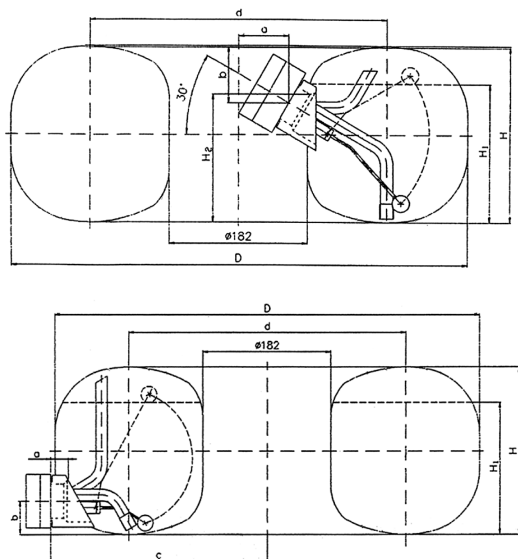
umożliwia spełnienie wymagań dotyczących kontaktu urządzenia zabezpieczającego przed nadmiernym wzrostem ciśnienia ze strefą gazu odparowanego. Zasadę tę wyjaśnia rys. 2.37 oraz tabl. 3.

Zachowanie właściwego położenia zaworu zabudowanego na zbiorniku to nie tylko zapewnienie bezpieczeństwa eksploatacji, ale również właściwego zasilania silnika gazem. Rurka zasysająca, umieszczona w przestrzeni odparowanej, powoduje, że do silnika dopływa zbyt mała ilość paliwa, co znacznie obniża moc rozwijaną przez silnik.

Znajomość parametrów zawartych w tabl. 3 umożliwia przede wszystkim dosyć szybką ocenę prawidłowości działania zaworu ograniczającego stopień napełnienia zbiornika, jak i prawidłowości doboru osprzętu do zabudowywanego w pojeździe zbiornika.

Tablica 3. Wysokości położenia pływaków oraz poziom gazu płynnego w zbiorniku toroidalnym z króćcem wewnętrznym

Typ zbiornika	D	d	H	H1	H2	a	b	Pojemność zbiornika V [l]	Oznaczenie osprzętu
ZT 180	566	374	180	120	120	56	68	33	H 180-30° wew.
ZT 190	600	391	190	143	126	66	74	39	H 190-30° wew.
ZT 200	600	391	200	150	135	66	77	41,5	H 200-30° wew.
ZT 220	600	391	220	166	156	66	74	45	H 220-30° wew.



Rys. 2.37. Zasada zabudowy osprzętu zespolonego na zbiornikach toroidalnych z króćcem wewnętrznym i zewnętrznym (na przykładzie wymiarowym zbiorników GZWM Grodków)

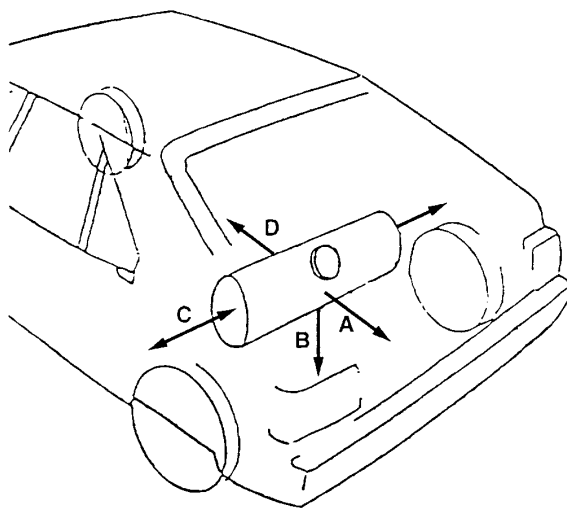
2.8.1. Ramka zbiornika

Minister infrastruktury wydał rozporządzenie, aby materiały zastosowane przez producenta do wytworzenia ramki, wymiary ramki i innych elementów wytrzymywały określone przeciążenia w kierunku wzdłużnym i poprzecznym. Przepisy dotyczące montażu zbiorników do samochodów osobowych i dostawczych o dopuszczalnej masie całkowitej do 3500 kg wymagają, żeby mocowanie wytrzymało przyspieszenia 20 g działające wzdłuż osi podłużnej samochodu i 8 g prostopadłe do niej.

Ramka zbiornika jest najczęściej wytwarzana przez producenta zbiorników, jej kształt jest uniwersalny. Zmianie ulegają jedynie parametry geometryczne, tzn. długość i szerokość oraz rozstaw otworów mocujących ramkę. Sposób montażu zbiornika na ramce, zaproponowany przez producenta, został sprawdzony doświadczalnie i teoretycznie. W konsekwencji zbiornik dostarczany jest z ramką i zestawem montażowym, które spełniają obowiązujące wymagania prawne.

Rozkład sił działających na zbiornik, który należy uwzględnić w obliczeniach, przedstawia rys. 2.38. Siły są obliczane z zależności $F = m_c \times G$, gdzie F - siła [N], m_c - masa zbiornika i gazu w [kg], G - przyspieszenie ziemskie [m/s^2].

Pomiędzy zbiornikiem i ramką musi być umieszczony element izolacyjny nie pochłaniający wilgoci. Izolacja ta powinna wyeliminować kontakt



Rys. 2.38. Zbiorniki toroidalny i cylindryczny oraz siły działające na zbiornik zabudowany w pojeździe

metal z metalem, czyli pomiędzy zbiornikiem i ramką, pomiędzy zbiornikiem i nadwoziem oraz opaskami i zbiornikiem. Opaski mocujące zbiornik powinny być tak napięte, aby zbiornik był całkowicie unieruchomiony. Zbiornik powinien być umieszczony w ramce w taki sposób, aby jego króciec był pochylony pod kątem 0° , 30° w stosunku do jego osi poziomej.

2.8.2. Instrukcja montażu zbiornika

Kształt zbiornika jest najczęściej dobierany przez użytkownika pojazdu, natomiast o jego pojemności decyduje montażysta. Pojemność zbiornika decyduje o masie zbiornika, czyli o obciążeniu osi tylnej samochodu. Masa ta nie może naruszać tych parametrów technicznych, które określił producent, podając dopuszczalne obciążenie osi tylnej. Ramka zbiornika powinna być zamontowana do nadwozia śrubami, których średnica zależy od objętości zabudowywanego zbiornika. Najczęściej jest to śruba M8 lub M10. Pod nakrętką śruby mocującej, a więc od strony płyty podłogowej, należy stosować podkładki o dużej średnicy - 20 lub 25 mm, zapewniające korzystny rozkład naprężeń. Zabudowując ramkę ze zbiornikiem należy pamiętać, że dolna część zbiornika nie może mieć kontaktu z dnem bagażnika.

W przypadku umieszczenia zbiornika w przestrzeniach zamkniętych samochodu konieczne jest



Rys. 2.39. Osłona hermetyczna osprzętu zespolonego wraz z przewodami przewietrzającymi

stosowanie osłony hermetycznej wraz z przewodami i króćcami wentylacyjnymi. Osłonę wraz z przewodami wentylacyjnymi przedstawia rys. 2.39.

W celu jej prawidłowej zabudowy należy:

- ✗ w podłodze bagażnika lub nadkołu nawiercić otwory (otwory te muszą mieć połączenie z atmosferą i nie mogą być narażone na zanieczyszczenia)

- ✗ w nawiercone otwory należy włożyć króćce, w taki sposób, aby możliwe było wymuszenie przepływu powietrza; króćce powinny być przykręcone blachowkrętami, prostopadle do płyty podłogowej samochodu

- ✗ przeprowadzić przewody doprowadzające i wyprowadzające gaz

- ✗ połączyć króćce za pomocą przewodów wentylacyjnych z króćcami osłony hermetycznej

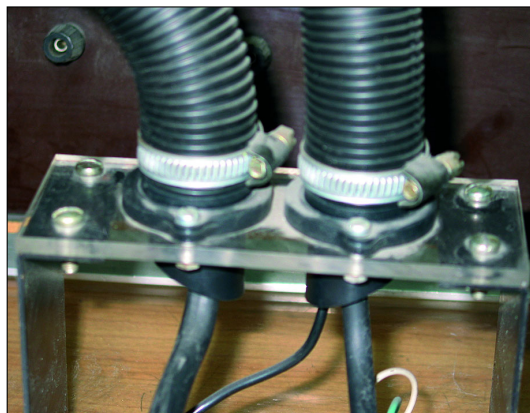
- ✗ połączyć przewód doprowadzający gaz z króćcem wlotowym osprzętu oraz przewód wyprowadzający gaz z króćcem wylotowym osprzętu

- ✗ po nałożeniu przewodów zabezpieczyć połączenia opaskami zaciskowymi

- ✗ przeprowadzić przewody elektryczne, wskaźnika poziomu i zasilającą cewkę zaworu odcinającego

Połączenia elektryczne lokalizowane w osłonie hermetycznej, np. wskaźnika poziomu czy elektrozaworu odcinającego, powinny być wykonane bardzo dokładnie, aby nie powodowały iskrzenia.

Istotnym elementem w pracy adaptacyjnej jest właściwe tworzenie zespołów zbiorników. Rozwiązaniem takim najczęściej zainteresowani są użytkownicy pojazdów intensywnie eksploatowanych poza granicami naszego kraju. Decyzja o montażu takiego zespołu powinna uwzględniać zarówno siły grawitacji, oddziałujące na płynne paliwo gazowe (w przypadku umieszczania zbiorników na różnych poziomach), różnicę w objętości zbiorników,



Rys. 2.40. Sposób montażu króćców wentylacyjnych

jak i ewentualną różnicę temperatur otoczenia (np. w konfiguracji zbiornik cylindryczny i toroidalny - zbiornik cylindryczny umieszczony w komorze bagażnika nagrzewa się znacznie szybciej niż zbiornik toroidalny zabudowany we wnęce koła zapasowego). Zgodnie z wymaganiami wzajemne połączenia zbiorników stanowiących zespół powinny uniemożliwiać swobodny przepływ gazu, zarówno w przypadku występowania sił grawitacji, jak i różnicy ciśnień. Jeden ze sposobów połączenia zbiorników w zespół przedstawia rys. 2.41.

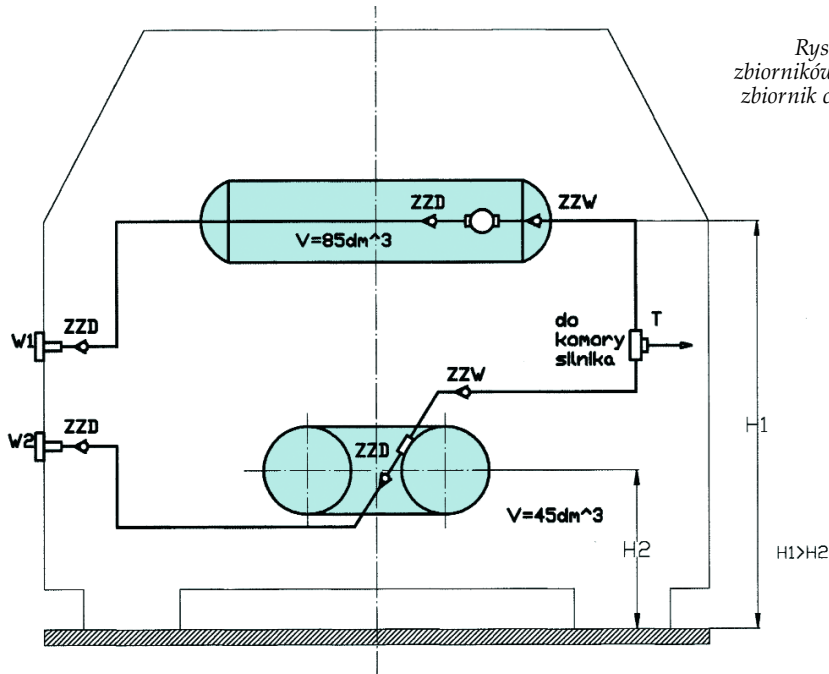
Wzajemne połączenia zbiorników są możliwe, wymagają jednak przemyślanego działania, które zapewni bezpieczeństwo eksploatacji pojazdu. Znacznie bezpieczniejsze jest zastosowanie zbiorników bliźniaczych, które przygotowuje w odpowiedni sposób ich producent. Ich wykorzystanie zmniejsza liczbę niezbędnego osprzętu, przewodów oraz dodatkowych elementów. Dlatego warto przeprowadzić analizę możliwości ich zabudowy, gdy jednym z zasadniczych celów adaptacji samochodu jest zwiększenie jego zasięgu.

2.8.3. Zewnętrzny wlew paliwa

Wlew paliwa jest elementem instalacji, za pomocą którego możliwe jest napełnienie zbiornika gazem. Wlew paliwa ma znormalizowane wymiary, umożliwiające napełnienie zbiornika na każdej stacji (rys. 2.42). Wyjątkiem jest starsza wersja wlewu paliwa typu amerykańskiego, wykorzystywanego w Holandii, którego konstrukcja i wymiary zewnętrzne są inne niż stosowane w Polsce i innych krajach Europy.

Odpowiednie miejsce dla wlewu paliwa należy ustalić na podstawie własnych doświadczeń, jak i po konsultacji z klientem. Najczęściej wlew pali-

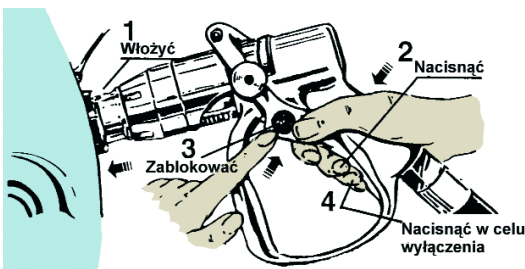
Rys. 2.41. Sposób połączenia zbiorników w zespół - przykładowo zbiornik cylindryczny i toroidalny



wa jest montowany przy prawym tylnym błotniku lub w tylnym zderzaku. Ustalając miejsce zabudowy wlewu paliwa należy uwzględnić długość przewodu łączącego wlew ze zbiornikiem oraz łatwy dostęp do niego. Zabudowa wlewu jest stosunkowo prosta i sprowadza się do:

- ✗ wywiercenia otworu pod wlew paliwa specjalnym frezem
- ✗ wywiercenia dodatkowych otworów w błotniku lub zderzaku, które uniemożliwiają obracanie się wlewu wokół jego osi
- ✗ zamontowania wlewu paliwa
- ✗ przytwierdzenia go połączeniem śrubowym do wybranego miejsca, dokręceniem przewodu łączącego go ze zbiornikiem
- ✗ sprawdzenia szczelności
- ✗ zabezpieczenia metalu przed korozją

Rys. 2.42. Napełnianie zbiornika na stacji paliw



2.8.4. Weryfikacja uszkodzeń

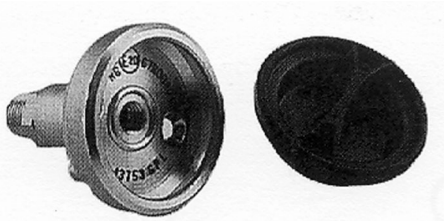
✓ Nieszczelność, której objawem jest wyciek gazu na króćcach komory hermetycznej

Przyczyną może być:

- ✗ wyciek gazu na łączach spawanych zbiornika LPG - należy opróżnić zbiornik z gazu (stosując specjalną procedurę), umyć wodą, jeśli jest to konieczne i po wypełnieniu go sprężonym powietrzem wyszukać miejsce nieszczelności; wyciek na połączeniach spawanych wymaga wymiany zbiornika
- ✗ nieszczelność na uszczelnieniu osprzętu zespolonego - należy opróżnić zbiornik (stosując specjalną procedurę), zdemontować osprzęt zespolony i po sprawdzeniu powierzchni króćca współpracującej z uszczelką oraz otworów gwintowanych wymienić uszczelkę
- ✗ wyciek z przewodów połączonych z osprzętem zbiornika - należy opróżnić zbiornik (stosując specjalną procedurę), rozkręcić przyłącza, obciąć przewody i wymienić pierścienie samozacinające

✓ Wskaźnik poziomu nie wskazuje właściwego poziomu gazu w zbiorniku

- ✗ niewłaściwie umieszczony magnes na wskaźniku - należy sprawdzić jego położenie i w razie konieczności skorygować je
- ✗ usytuowanie zbiornika jest niewłaściwe - należy sprawdzić wysokość położenia króćca w stosunku do dna zbiornika



Rys. 2.43. Wlew paliwa. Nakrętka wykonana ze sztywnego tworzywa sztucznego zabezpiecza wlew przed zanieczyszczeniami

✗ niewłaściwie dobrany osprzęt do średnicy zbiornika cylindrycznego lub do wysokości zbiornika toroidalnego - należy porównać cechy zbiornika i informacje zawarte na korpusie osprzętu zawierające kąt zabudowy i średnicę lub wysokość; niewłaściwie dobrany osprzęt, a zwłaszcza ten przeznaczony dla zbiornika o mniejszej średnicy lub wysokości, spowoduje, że po odsłonięciu rurki ze zbiornika będzie zasysana wyłącznie faza gazowa, co przyczynia się do utraty mocy silnika i kondensacji pary wodnej na zewnątrz zbiornika i jego oszraniania

✗ uszkodzony pływak - należy opróżnić zbiornik z gazu i wybudować osprzęt, założyć nowy lub, jeśli jest to możliwe - wymienić pływak

✓ Uszkodzenie zaworu ograniczającego napełnienie zbiornika do 80%

✗ sprawdzić, czy zbiornik i jego osprzęt są właściwie zamontowane

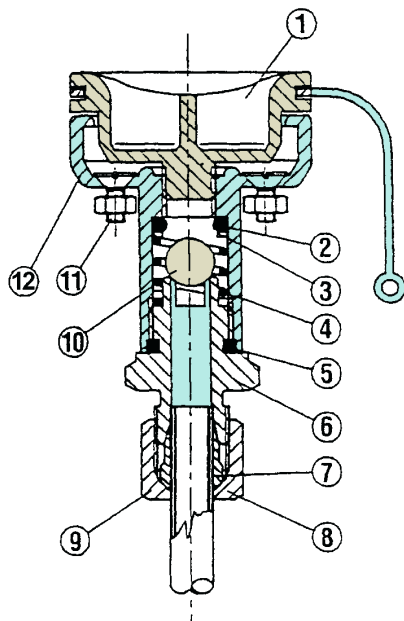
✗ sprawdzić, czy w osprzęcie prawidłowo działa mechanizm ograniczający napełnienie, czy mechanizm ten nie uległ zanieczyszczeniu lub zatarciu - do sprawdzenia można wykorzystać sprężone powietrze; w przypadku jakichkolwiek problemów należy zabudować prawidłowo działający osprzęt

✓ Uszkodzony wlew paliwa

✗ za dużo powietrza w zbiorniku (występuje to zwłaszcza w nowych zbiornikach) - należy skontaktować się z biurem producenta instalacji

2.9. Specjalna procedura opróżniania zbiornika

Niezbędnym wyposażeniem do wykonania tej procedury jest instalacja gazowa znajdująca się po-



Rys. 2.44. Przekrój przez wlew paliwa: 1- korek zabezpieczający, 2 - uszczelka typu o-ring, 3 - podkładka, 4 - sprężyna, 5 - uszczelka typu o-ring, 6 - tuleja, 7 - pierścień uszczelniający, 8 - nakrętka, 9 - przewód ciśnieniowy, 10 - kulka zaworu zwrotnego, 11 - śruba mocująca, 12 - korpus

za pojazdem. Instalację tę łączymy ze zbiornikiem i spalamy gaz znajdujący się w zbiorniku.

Bardzo ważne dla bezpieczeństwa jest to, aby:

✗ zbiornik umieścić w takim miejscu, aby płomień nie stanowił zagrożenia

✗ dopiero po upewnieniu się, że płomień nie będzie niósł ze sobą jakiegokolwiek zagrożenia, otworzyć zawór odcinający i zapalić wydostający się ze zbiornika gaz

✗ wypalanie gazu prowadzić do całkowitego opróżnienia zbiornika, czyli do chwili, gdy w zbiorniku nie będzie już żadnego ciśnienia; bardzo istotna jest uważna obserwacja momentu wypalenia się tych frakcji, które decydują o ciśnieniu w zbiorniku, dlatego po zaniku płomienia należy ostrożnie poluzować wszystkie śruby osprzętu ze spólnego, umożliwiając ewentualne uwolnienie pozostałości par

3. Adaptacja pojazdu do zasilania gazem z wykorzystaniem klasycznej instalacji zasilającej

W przypadku, gdy pojazd ma być poddany adaptacji należy pamiętać, że zastosowany w samochodzie system wtrysku benzyny w jednoznaczny sposób określa:

- ✗ konfigurację aparatury zasilającej alternatywnym paliwem gazowym
- ✗ konstrukcję mieszalnika i miejsce jego zabudowy

W tym rozdziale omówiono te zasady adaptacji samochodu do zasilania gazem, które wynikają z zastosowanego w samochodzie systemu zasilania benzyną.

3.1. Adaptacja silników z systemem wtrysku K i KE-Jetronic

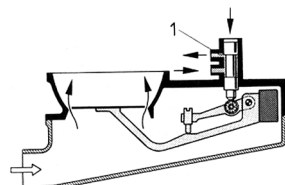
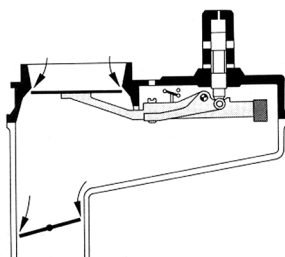
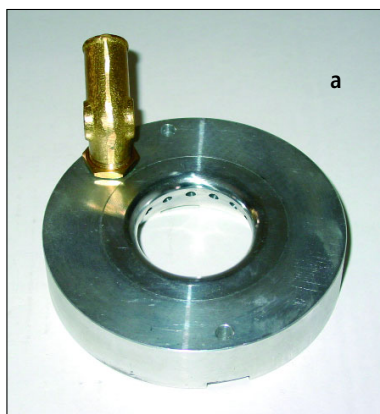
Jednym z zasadniczych elementów tego systemu jest przepływomierz bezwładnościowy, współpracujący z dozownikiem paliwa. Przesłona tego przepływomierza jest elementem dławiącym przepływ powietrza i w przypadku adaptacji silnika do zasilania gazem stanowi utrudnienie we właściwym tworzeniu mieszanki powietrzno-gazowej.

Biorąc pod uwagę te niekorzystne warunki przepływu w starszych systemach wtrysku paliwa typu K i KE, w celu zapewnienia swobodnego przepływu powietrza stosowane były urządzenia umożliwiające uchylenie ramienia przepływomierza. W systemach nowszych generacji typu Motronic stosowanie urządzeń uchylających ramię nie jest możliwe, gdyż położenie ramienia przepływomierza decyduje o kącie wyprzedzenia zapłonu.

Poniżej przedstawiono najczęściej stosowane metody umożliwiające uchylenie klapy przepływomierza.

✗ Przepływomierz dolnossący w systemach K i KE-Jetronic jest wykorzystywany w samochodach marki Mercedes. Dlatego w celu adaptacji silników zasilanych tym systemem korzystamy z mieszalnika zabudowywanego bezpośrednio na przepływomierzu, a dla ustabilizowania przepływu powietrza wykorzystujemy dyszę Venturiego, umieszczaną w przewodzie dolotowym do obudowy filtra (rys. 3.1b).

✗ Przepływomierz górnośący, stosowany w silnikach samochodów VW, Audi, Ford i Volvo, wymaga



Rys. 3.1. Przepływomierze górno- i dolnośące oraz odpowiadające im mieszalniki



użycia mieszalnika zabudowanego na zespole przepustnic. Przedstawiony na rys. 3.1a mieszalnik ma konstrukcję korpusu umożliwiającą łatwe osadzenie go na zespole przepustnic. Mieszalnik ten jest wyposażony w trzy króćce. Jeden doprowadza gaz, drugi umożliwia odprowadzenie mieszaniny powietrzno-gazowej do układu stabilizacji prędkości biegu jałowego, zaś trzeci jest wykorzystywany w układzie kompensacji, umożliwiając przeniesienie ciśnienia w układzie dolotowym na membranę komory regulacyjnej parownika-regulatora ciśnienia.

Zastosowanie tych mieszalników jest wystarczające dla zapewnienia poprawności działania układu zasilania gazem, nie wpływa na pogorszenie pracy silnika na paliwie bazowym, czyli benzynie.

Ponieważ jednak w celu zminimalizowania zaburzeń w przepływie powietrza były i są stosowane różne rozwiązania, warto poznać kilka sposobów unieruchamiania kłapy spiętrzającej przepływomierza.

3.1.1. Podciśnieniowe urządzenie uchylające kłapy spiętrzającą

W rozwiązaniu tym do uchylenia ramienia przepływomierza wykorzystywane jest podciśnienie, a do sterowania układem uchylającym - trójdrożny zawór podciśnieniowy.

Zespół urządzeń zapewniających uchylenie ramienia przepływomierza jest wyposażony w akumulator podciśnienia oraz siłownik pneumatyczny napędzający linkę przemieszczającą ramię.

Poprawność działania tego systemu jest kontrolowana w następujący sposób:

- ✗ należy uruchomić silnik na benzynie
- ✗ zwiększyć prędkość obrotową silnika do ok. 3000 obr/min - układ powinien zadziałać, unosząc ramię przepływomierza; należy pamiętać o tym, że

pobór podciśnienia do tego układu nie może być dokonywany z tych miejsc, w których podciśnienie jest wykorzystywane do innych celów, np. wspomaganie układu hamulcowego itp.

Przystępując do zabudowy urządzenia uchylającego kłapy spiętrzającą należy pamiętać, że otwór w kolektorze ssącym, niezbędny do dostarczenia podciśnienia, wykonujemy w następujący sposób:

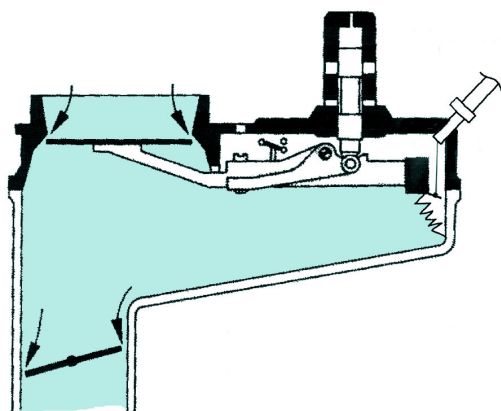
- ✗ otwór wiercimy z małą prędkością
- ✗ nagwintowany otwór smarujemy i wkręcamy króciec
- ✗ sprawdzamy, czy nie zostały uszkodzone wzmocnienia kolektora ssącego, a jeżeli pozostały jakiegokolwiek opilkę - usuwamy je z kolektora

Przepływomierze górnoścące

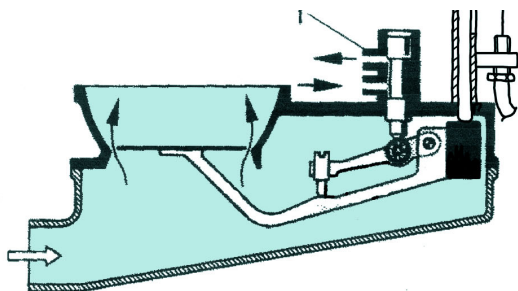
W samochodach takich firm, jak Volkswagen, Audi, Volvo, Ford są stosowane przepływomierze górnoścące (rys. 3.2a).

W celu prawidłowej zabudowy urządzenia uchylającego należy wykonać następujące czynności:

- ✗ zdemontować przepływomierz
- ✗ jeżeli jest to niezbędne, rozebrać pokrywę dolną
- ✗ wywiercić otwór o średnicy 10,5 mm w górnej pokrywie i nagwintować go gwintownikiem M12x1
- ✗ zamontować urządzenie unoszące ramię, uszczelniając połączenie gwintowe silikonem lub innym środkiem uszczelniającym
- ✗ zamontować linkę o takiej średnicy, aby pomiędzy linką a pancerzem pozostał luz wielkości ok. 1 mm (w przypadku, gdy nie jest możliwe uzyskanie prawidłowego kąta pancerza linki można zastosować odpowiednio dobrany kształt rurki miedzianej do częściowego prowadzenia linki)
- ✗ zamontować ponownie przepływomierz w samochodzie
- ✗ sprawdzić, czy urządzenie pracuje prawidłowo



Rys. 3.2. Przykłady rozwiązań umożliwiających uniesienie kłapy spiętrzającej podczas zasilania silnika gazem: 1 - zespół dawkujący



Przepływomierze dolnossące

W przepływomierzach dolnossących stosowanych przez firmę Mercedes używane jest urządzenie przedstawione na rys. 3.2b.

Sposób montażu tego urządzenia jest następujący:

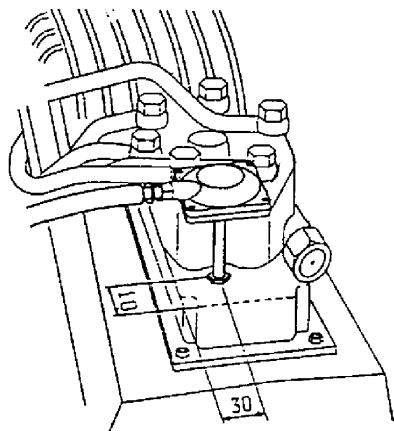
- ✗ całkowicie zdemontować przepływomierz
- ✗ jeżeli jest to niezbędne, należy zdemontować dolną pokrywę przepływomierza

- ✗ wywiercić otwór o średnicy 5 mm w górnej pokrywie przepływomierza tak, aby można było pewnie osadzić w nim pancierz linki napędzającej; otwór powinien być nawiercony pod takim kątem, aby można było swobodnie połączyć linkę z płytką zamocowaną (pod kątem ok. 30°) do przeciwwagi

- ✗ połączyć linkę z płytką przymocowaną do przeciwwagi; dla poprawnego działania układu należy wyposażyć go w sprężynkę zapewniającą swobodny powrót ramienia przepływomierza

- ✗ zamontować zespół sterujący podciśnieniem

- ✗ sprawdzić, czy zespół pracuje prawidłowo, zapewniając właściwe przemieszczenie kłapy spiętrzającej (rys. 3.3)



Rys. 3.3. Siłownik unoszący klapę spiętrzającą

Jak wspomniano, uniesienie kłapy spiętrzającej zapewnia swobodny przepływ powietrza zasysanego przez silnik, w czasie jego zasilania gazem. Jednak opisane wyżej urządzenia nie tylko nie gwarantują niezawodnego działania, ale wpływają również niekorzystnie na poprawność działania systemu zasilania benzyną. Dlatego też nie są one powszechnie stosowane, ponieważ pojawiają się jednak w samochodach importowanych z Holandii i krajów sąsiednich warto wiedzieć, że istnieją i jaki sposób sprawdzić poprawność ich działania.

Do uniesienia kłapy spiętrzającej były stosowane również siłowniki nadciśnieniowe, a w celu

uzyskania przemieszczenia wykorzystywano w nich ciśnienie gazu panujące w komorze 1. stopnia redukcji parownika.

3.1.2. Mieszalniki w układach K i KE-Jetronic z przepływomierzami górnossącymi

Mieszalnikiem sprawdzonym w wieloletniej praktyce eksploatacyjnej jest mieszalnik pokazany na rys. 3.1a. Mieszalnik ten, w zależności od zabudowanej w nim zwężki, jest przeznaczony dla silników o pojemności skokowej do 2,0 dm³ lub silników o większych pojemnościach. Wymiary korpusu tego mieszalnika są dostosowane do wymiarów zespołu przepustnic i umożliwiają jego zabudowę właśnie na tym zespole. Ponadto korpus wyposażono w trzy króćce:

- ✗ pierwszy - umożliwiający doprowadzenie paliwa gazowego do zwężki

- ✗ drugi - umożliwiający pobór mieszaniny powietrzno-gazowej do silnika krokowego w układzie stabilizacji prędkości biegu jałowego

- ✗ trzeci - umożliwiający połączenie z parownikiem-regulatorem ciśnienia w celu uzyskania kompensacji

Zastosowanie tego typu mieszalnika, wraz z układem kompensacji, eliminuje urządzenie unoszące klapę spiętrzającą. Przemieszczanie się kłapy spiętrzającej ma bezpośredni wpływ na ciśnienie w układzie dolotowym, na odcinku przepływomierz - zespół przepustnic. Zmiany tego ciśnienia są przenoszone na membranę komory regulacyjnej reduktora w wyniku zastosowania układu kompensacji.

3.1.3. Mieszalniki w układach K i KE-Jetronic z przepływomierzami dolnossącymi

Na rys. 3.1b przedstawiono mieszalnik, którego poprawność działania w systemach K i KE-Jetronic sprawdzono w wielu samochodach.

Mieszalnik przeznaczony do wykorzystania w samochodach wyposażonych w przepływomierze dolnossące jest nakładany bezpośrednio na przepływomierz, ma kształt pierścienia i komorę umożliwiającą zgromadzenie większej ilości gazu. Gaz zgromadzony w tej komorze jest wykorzystywany w sytuacji, gdy obciążenia silnika po spadku wzrasta ponownie. Można to wyjaśnić w następujący sposób: gdy kierowca puszcza pedał przyspieszenia, kłapa spiętrzająca powraca do swojej pozycji wyjściowej, dla której czynny przekrój otworu, przez który do silnika napływa powietrze, jest najmniejszy. W konsekwencji prędkość przepływającego przez mieszalnik powietrza jest minimalna,

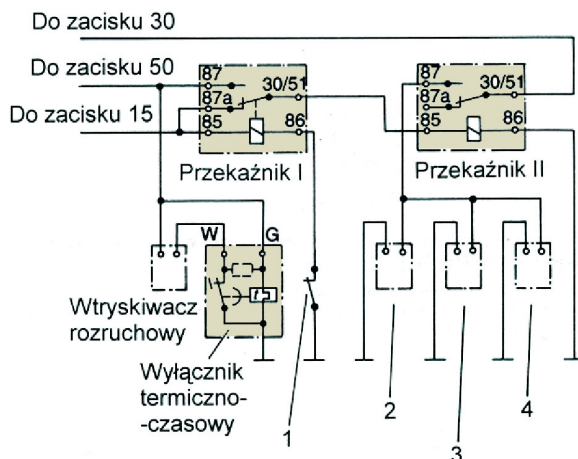
maleje podciśnienie oddziałujące na membranę komory regulacyjnej, wydatek reduktora spada do wartości minimalnej odpowiadającej biegowi jałowemu. Po naciśnięciu na pedał przyspieszenia w celu zwiększenia prędkości jazdy, czas niezbędny do uzyskania oczekiwanej mocy wydłuża się, gdyż wzrost prędkości powietrza przepływającego przez mieszalnik, a tym samym i wzrost podciśnienia jest przenoszony do komory regulacyjnej reduktora i dopiero po pewnej chwili daje możliwość zwiększenia ilości gazu wypływającego z reduktora. Znaczne zmniejszenie wpływu tej fazy zmiany obciążenia uzyskuje się właśnie w wyniku stosowania mieszalnika o zwiększonej objętości komory.

Dla stabilizacji ruchu klapy spiętrzającej, a tym samym stabilizacji prędkości biegu jałowego silnika, są wykorzystywane:

✖ dysze Venturiego, umieszczane w przewodach doprowadzających powietrze do filtra powietrza; ich stosowanie zwiększa prędkość powietrza wpadającego do filtra, zwiększając ciśnienie panujące wewnątrz filtra

✖ wkładki stożkowe, umieszczane nad zwężką; wkładki zarówno przyspieszają strugę powietrza napływającego do przepływomierza, jak i kształtują ją w taki sposób, iż przepływa ona jak najbliżej otworków zwężki mieszalnika

Umieszczenie dodatkowej wkładki wymaga dużej ostrożności, gdyż niewłaściwy montaż może w konsekwencji doprowadzić np. do znacznego wzbogacenia mieszanki powietrzno-benzynowej.

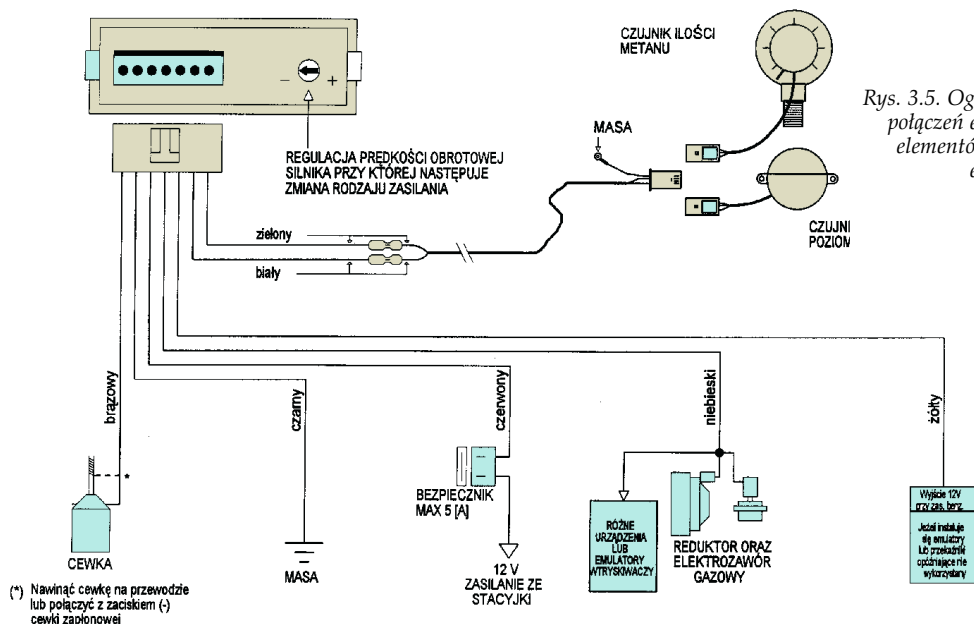


Rys. 3.4. Uproszczony schemat połączeń elektrycznych urządzeń układu K-Jetronic: 1- wyłącznik sterowany dźwignią klapy spiętrzającej, 2 - elektryczna pompa paliwa, 3- zawór powietrza dodatkowego, 4- regulator termiczny

3.1.4. Wyłączanie zasilania benzyną

Systemy K-Jetronic

W systemach K-Jetronic zasilanie benzyną jest wyłączane dodatkowym przekaźnikiem, umożliwiającym rozłączenie obwodu elektrycznej pompy benzynowej. Połączenia elektryczne w obwodzie zasilającym urządzenia systemu K-Jetronic są bar-



Rys. 3.5. Ogólny schemat połączeń elektrycznych elementów i urządzeń elektrycznych

(*) Nawinąć cewkę na przewód lub połączyć z zaciskiem (-) cewki zapłonowej

dzo proste (rys. 3.4 - jeden ze schematów tego obwodu stosowany w samochodach Audi).

Przecięcie przewodu zasilającego pompę i połączenie ze stykami normalnie zwartymi dodatkowego przełącznika umożliwia przerwanie zasilania pompy i odcięcie dopływu paliwa do silnika. Dodatkowy przełącznik powinien być sterowany sygnałem przełącznika zmiany rodzaju paliwa.

Systemy KE-Jetronic

W systemach KE-Jetronic są m.in. realizowane dwie dodatkowe funkcje - wzbogacenia mieszanki i odcięcia dopływu paliwa w czasie hamowania silnikiem. Funkcje te realizuje sterowany prądowo nastawnik ciśnienia, zabudowany na rozdzielaczu paliwa. W celu odcięcia dopływu paliwa do wtryskiwaczy wraz z instalacją gazową zabudowywane jest dodatkowe urządzenie, które po zmianie zasilania symuluje w sposób ciągły hamowanie silnikiem. Nastawnik jest połączony z urządzeniem sterującym dwoma przewodami, które przecina się i łączy zgodnie ze schematem z dodatkowym urządzeniem, nazywanym Stop-KE. Ten sposób przerywania zasilania benzyną zapewnia szybką zmianę i ciągłość zasilania silnika. Bardzo ważne jest i to, że w przeciwieństwie do systemu K-Jetronic ten sposób wyłączenia zasilania benzyną zapewnia stałe wypełnienie nią komór, w których znajduje się para elementów precyzyjnie spasowanych.

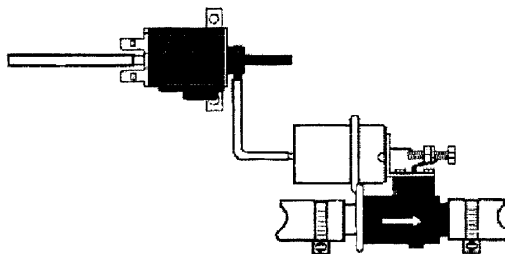
3.2. Adaptacja silników z systemem wtrysku LH-Jetronic

Przepływomierze w systemach LH-Jetronic (np. samochody marki Volvo) zabezpiecza się dwoma sposobami. Pierwszy polega na odcięciu dopływu gazu, drugi - na odcięciu zarówno dopływu gazu, jak i powietrza. Stosowanie urządzeń odcinających dopływ gazu lub jednocześnie gazu i powietrza wynika z faktu, iż element pomiarowy przepływomierza, tzw. „gorący drut”, może w pewnych sytuacjach zainicjować zapłon mieszanki powietrzno-gazowej, zgromadzonej w układzie dolotowym. Do tych sytuacji należy uruchamianie silnika, kiedy to mieszanka może być nadmiernie wzbogacona oraz unieruchomienie silnika, kiedy drut jest rozgrzewany w celu samooczyszczenia.

3.2.1. Sposób montażu urządzenia odcinającego dopływ gazu do mieszalnika

System wyłączania dopływu gazu do mieszalnika wykorzystuje w swojej pracy podciśnienie.

Zasadniczym elementem systemu jest trójdroż-



Rys. 3.6. Schemat połączeń pneumatycznych siłownika odcinającego dopływ gazu do mieszalnika

ny elektrozawór. Połączenie tego zaworu z kolektorem ssącym przedstawia rys. 3.6.

W trakcie hamowania silnikiem większość współczesnych systemów wtrysku paliwa przepłykuje cylinder. Jest to realizowane przez przerwanie zasilania paliwem i całkowite otwarcie obwodu cyrkulacji powietrza. Ponieważ podczas zasilania silnika gazem mieszanina powietrzno-gazowa jest zasykana, najczęściej silnik w tym momencie kontynuuje swoją pracę na wysokiej prędkości obrotowej.

Istnieją dwa sposoby rozwiązania tego problemu w silnikach nie wyposażonych w katalizatory.

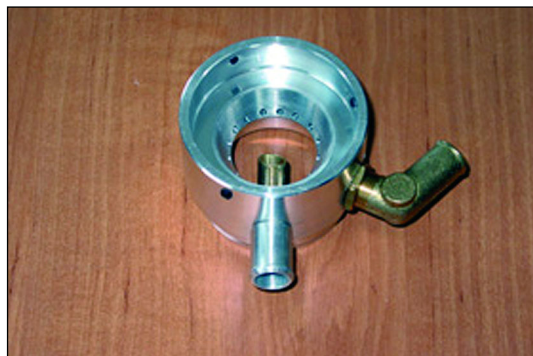
3.2.2. Przełącznik odcinający dopływ paliwa

Przełącznik odcinający umożliwia uruchomienie siłownika podciśnieniowego, zamykającego dopływ gazu do mieszalnika. Praca tego systemu jest kontrolowana przełącznikiemysterowanym sygnałem wtryskiwaczy, przy czym elektrozawór jest zasilany z dodatkowego przełącznika. W czasie hamowania silnikiem impulsy sterujące wtryskiwaczem zanikają, przełącznik odcinający włącza zasilanie elektrozaworu trójdrożnego. Siłownik pneumatyczny zamyka przepływ gazu. Z chwilą, gdy ponownie pojawiają się impulsy sterujące pracą wtryskiwaczy, siłownik otwiera przepływ gazu.

Siłownik pneumatyczny musi być wyregulowany w taki sposób, aby nie odcinał przepływu paliwa gazowego całkowicie. Jest to niezbędne, aby silnik nie zgaśł w trakcie hamowania silnikiem przy małej ilości paliwa dostarczonego do mieszalnika.

3.2.3. Stałe ograniczenie przepływu

Gdy silnik jest zasilany gazem, siłownik pneumatyczny przymyka w pewnym stopniu obwód powietrza dodatkowego. Dla wielu samochodów ten prosty sposób zapewnia prawidłową pracę w czasie hamowania silnika. Do realizacji tej funkcji jest wy-



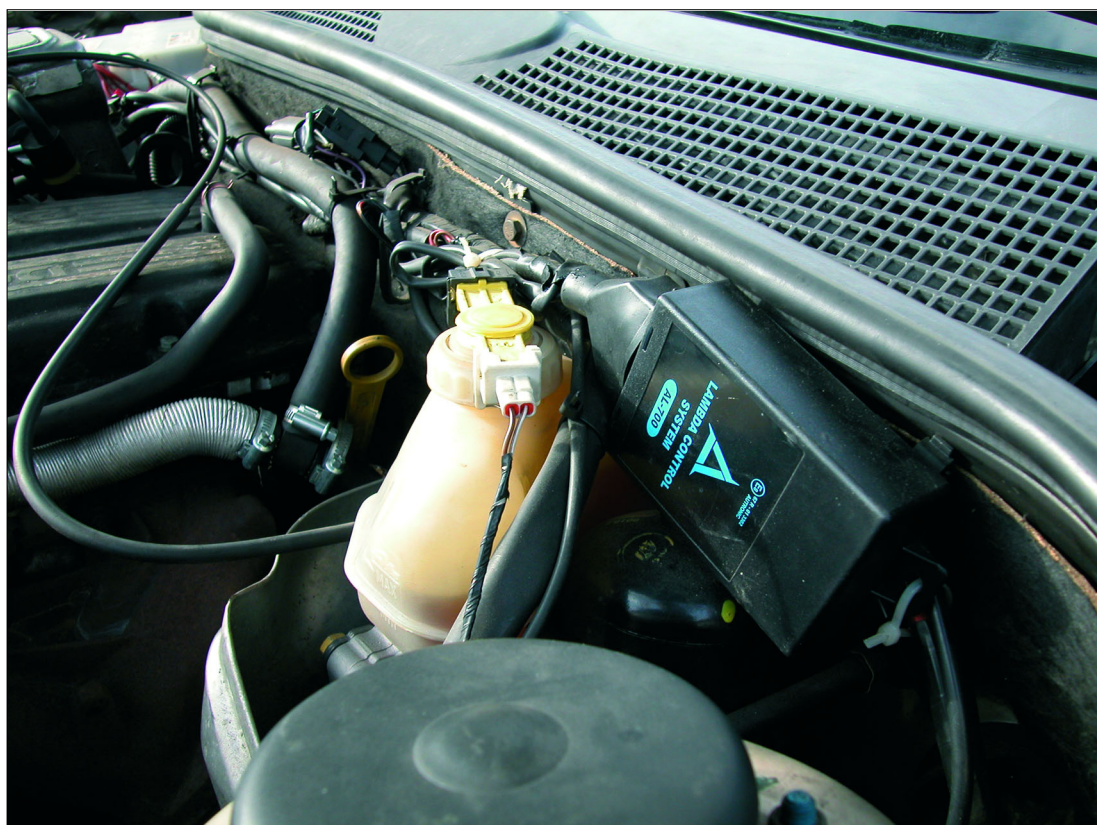
Rys. 3.7. Mieszalnik kryzowy wyposażony w króciec umożliwiający dostarczenie mieszanki powietrzno-gazowej do kanału biegu jałowego

korzystywany dodatkowy zawór umieszczany w przewodzie powietrza dodatkowego.

3.3. Przełączanie zasysania powietrza lato-zima

Zawór przełączający kierunek zasysania powietrza umieszczony w obudowie filtra powietrza w trakcie zasilania gazem powinien być ustawiony w pozycji letniej. Wynika to z konieczności zasilania silnika powietrzem zimnym, a nie rozgrzanym, które ogranicza napełnienie cylindra.

Ustawienie kłapy w położeniu letnim jest realizowane przez zastosowanie elektromagnetycznego zaworu umieszczonego pomiędzy czujnikiem temperatury a siłownikiem podciśnieniowym.



4. Systemy elektronicznego sterowania przepływem gazu

Odpowiedni dobór regulatora ciśnienia gazu oraz mieszalnika zapewnia wytworzenie stechiometrycznej mieszaniny gazu i powietrza w całym zakresie ustalonych obciążeń silnika. W stanach nieustalonych, czyli w czasie zwiększania obciążenia lub też hamowania silnikiem, opóźnienia w reakcji układu pneumatycznego powodują wzrost emisji składników toksycznych w spalinach i nadmierne obciążenie cieplne silnika oraz katalizatora. Współczesne jednostki silnikowe, które cechuje bardzo wąski zakres dopuszczalnych zmian parametrów regulacyjnych, a w których przewidywana jest zabudowa instalacji zasilającej gazem wymagają, aby proces tworzenia mieszanin powietrzno-gazowych nie odbiegał od założeń i parametrów przejętych dla benzyny. W konsekwencji współczesny system zasilania alternatywnym gazem jest wyposażony w układ regulacji przepływu paliwa gazowego, który umożliwia wyeliminowanie opóźnień w reakcji układu pneumatycznego. Układ taki realizuje kilka funkcji, zapewniając nie tylko w miarę precyzyjne wytwarzanie mieszanki, ale również właściwą współpracę obu systemów zasilania, gazem i benzyną.

4.1. Zasady regulacji składu mieszanki

W poprzednich rozdziałach wyjaśniono zasady tworzenia mieszaniny powietrzno-gazowej oraz bardzo proste zasady regulacji oparte na wykorzystaniu dwóch punktów regulacji:

- ✗ pierwszego - na regulatorze i umożliwiającego ustalenie minimalnego wypływu gazu z reduktora w czasie pracy silnika na gazie

- ✗ drugiego - umiejscowionego na przewodzie łączącym regulator z mieszalnikiem, który umożliwia ustalenie maksymalnej ilości gazu dopływającego do mieszalnika

Punkty te wyznaczają jedynie dolną i górną granicę wydatku gazu, natomiast rzeczywista ilość gazu, która dopływa do mieszalnika, jest uzależniona od charakterystyki reduktora i właściwego doboru oraz konstrukcji mieszalnika. Można więc stwier-

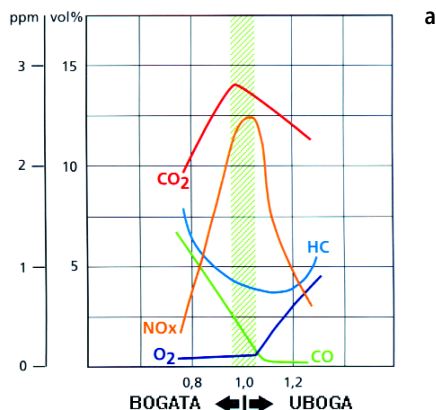
dzić, że wypływ gazu w zakresie ustalonym dolną i górną granicą będzie zmieniał się nie tylko w zależności od obciążenia, ale również w zależności od dynamiki napływu gazu do mieszalnika. Jeżeli zmniejszy gwałtownie obciążenie silnika, zamykając przepustnicę, gaz wysany z regulatora i przemieszczający się ze znaczną prędkością do mieszalnika nie zatrzyma się gwałtownie, lecz wypełni układ dolotowy i dostanie się do cylindrów silnika, w których nie będzie całkowicie spalony. W konsekwencji podniesie się temperatura spalin i temperatura katalizatora. Układ zasilania benzyną, reagując na sygnał otrzymany z sondy lambda, zarejestruje błąd przekroczenia górnej granicy adaptacji.

Przy gwałtownym otwarciu przepustnicy nastąpi zubożenie mieszanki, gdyż układ zareaguje z pewnym opóźnieniem na wzrost podciśnienia w układzie dolotowym. W tej sytuacji najczęściej rejestrowany jest błąd przekroczenia dolnej granicy adaptacji.

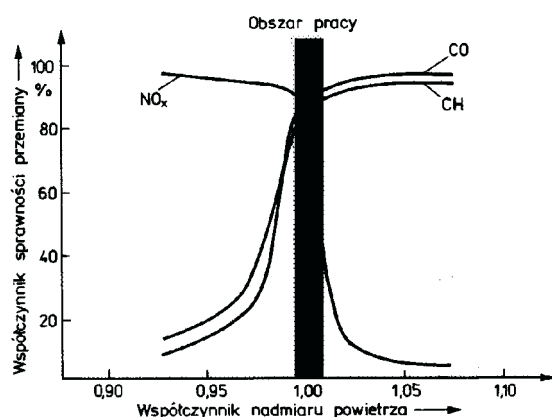
Powyższe problemy, charakterystyczne dla klasycznego układu zasilania, mogą być usunięte przez wykorzystanie wielofunkcyjnych układów regulacji przepływu gazu. Układy te wykorzystują w działaniu proste algorytmy, których struktura i cel działania są podobne do tych wykorzystywanych w procesie adaptacji czasu otwarcia wtryskiwacza w zależności od zawartości tlenu w spalinach.

Precyzyjna regulacja składu mieszanki umożliwia znaczne zredukowanie składników toksycznych zawartych w spalinach silnika. Wyjaśnia to rys. 4.1. Rys. 4.1a przedstawia zawartość składników toksycznych w spalinach silnika nie wyposażonego w katalizator, rys. 4.1b wyjaśnia sprawność przemian zachodzących w katalizatorze trójfunkcyjnym w zależności od współczynnika nadmiaru powietrza. Jak widać, najwyższa sprawność przemian jest uzyskana przy współczynniku nadmiaru powietrza zmieniającym się w bardzo wąskim zakresie od 0,998 do 1,003.

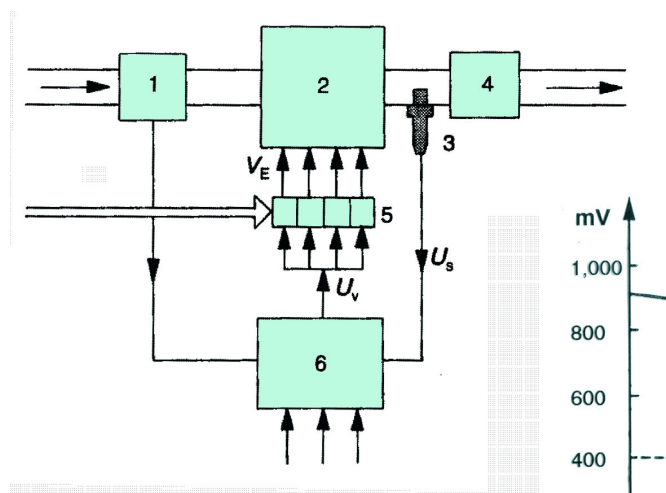
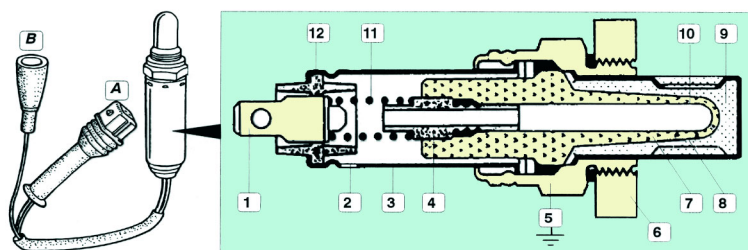
Przypomnijmy, że w procesie adaptacji jest wykorzystywany sygnał sondy lambda, dokonującej stałego pomiaru zawartości tlenu w spalinach (za-



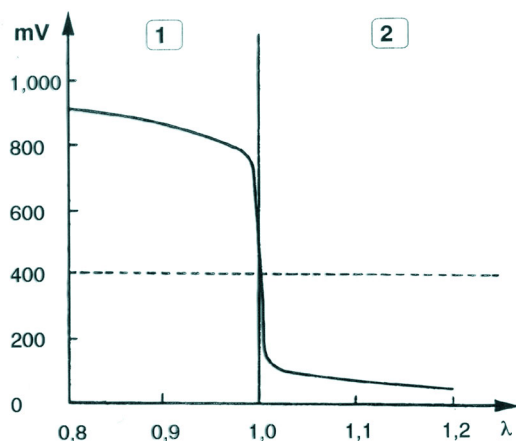
Rys. 4.1. Zawartość składników toksycznych w spalinach oraz współczynnik sprawności przemiany katalitycznej w zależności od współczynnika nadmiaru powietrza



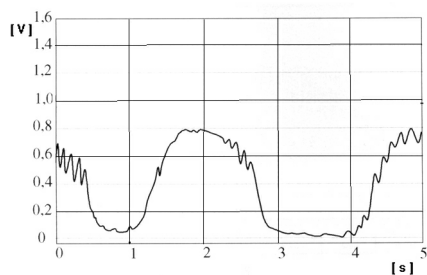
Rys. 4.2. Sonda lambda:
A - złącze grzałki, B - przewód sygnałowy, 1 - złącze sygnałowe, 2 - otwór doprowadzający powietrze, 3 - osłona, 4 - rurka, 5 - obudowa wraz z tuleją gwintowaną, 6 - rura wydechowa, 7 - dwutlenek cyrkonu, 8 - elektroda ujemna, 9 - komora, 10 - elektroda dodatnia, 11 - sprężyna przewodząca, 12 - uszczelnienie



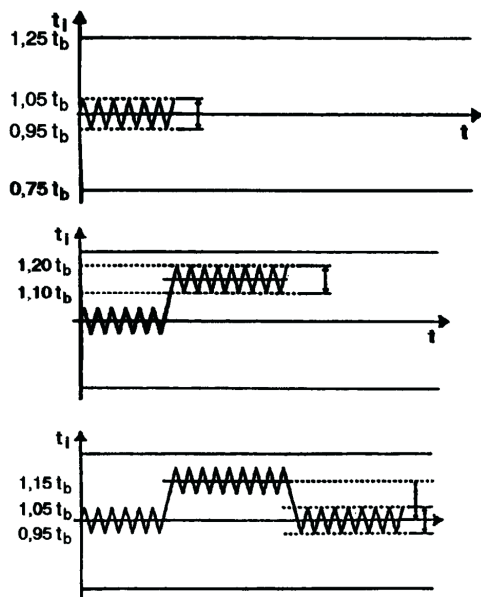
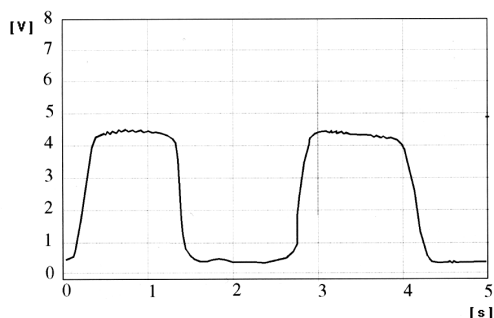
Rys. 4.3. Schemat blokowy układu regulacji składu mieszanki (1 - Przepływomierz, 2 - silnik, 3 - sonda lambda, 4 - katalizator, 5 - wtryskiwacz, 6 - regulator składu mieszanki, U_s - napięcie sondy lambda, U_v - napięcie sygnału sterującego wtryskiwacza, U_E - dawka paliwa)



Rys. 4.4. Charakterystyka sondy lambda: 1 - mieszanka bogata, 2 - mieszanka uboga



Rys. 4.5. Przebieg sygnału sondy lambda, górny 0-1 V i dolny 0-5 V



Rys. 4.6. Funkcja adaptacji (t_b - czas otwarcia wtryskiwacza ustalony dla określonego obciążenia silnika)

sadę adaptacji wyjaśnia rys. 4.3). Układ regulacji składu mieszanki ze sprzężeniem zwrotnym (6), tzw. pętla zamknięta, na podstawie sygnału otrzymywanego z sondy lambda (3) koryguje czas otwarcia wtryskiwaczy (5) w taki sposób, aby mieszanka

powietrza i paliwa była stechiometryczna. Układ regulacji jest wyłączany w przypadku zwiększania obciążenia silnika, hamowania silnikiem lub też w fazie uruchamiania i nagrzewania zimnego silnika. W wyniku pracy tego układu regulacji na zaciskach cyrkonowej sondy lambda otrzymujemy sygnał, którego:

- ✗ wartość napięcia zmienia się w zakresie od 0 do 1 V (min. $\Delta V = 0,6$ V)

- ✗ częstotliwość zmian dla silnika pracującego na biegu jałowym wynosi ok. 0,5 Hz, a przy prędkości obrotowej silnika powyżej 2000 obr/min zwiększa się do ok. 5-6 Hz

Poprawna praca układu regulacji składu mieszanki jest widoczna, gdy będziemy obserwowali przebieg sygnału sondy lambda, podłączając do jej zacisku sygnałowego sondę oscyloskopu lub multimetr cyfrowy.

Kolejne wzbogacenia związane ze zwiększeniem czasu otwarcia wtryskiwacza oraz zubożenia, będące z kolei wynikiem skrócenia czasu otwarcia wtryskiwacza, tworzą bardzo charakterystyczny w czasie przebieg sygnału sondy lambda. Zmiany czasu otwarcia wtryskiwacza, uwzględniające skład mieszanki, można zaobserwować również na ekranie oscyloskopu, łącząc sondę pomiarową z zaciskami wtryskiwacza (rys. 4.6). Rysunek ten wyjaśnia, w jaki sposób sygnał otrzymywany z sondy lambda wpływa na czas otwarcia wtryskiwacza, zapewniając uzyskanie mieszanki stechiometrycznej. Wyjaśnia on również, że w przypadku zwiększenia obciążenia o 15% funkcja adaptacji jest wyłączana do chwili osiągnięciażądanego obciążenia. Podobnie zachowuje się układ adaptacji w przypadku spadku obciążenia do wartości wyjściowej.

4.2. Regulacja przepływu gazu

Zasady sterowania przepływem gazu nie odbiegają od tych, które przedstawiono wyżej w odniesieniu do paliwa płynnego. Korygowanie ilości gazu ma spełniać dokładnie tę samą funkcję - uzyskanie mieszaniny stechiometrycznej. Dlatego też systemy sterowania analizują w sposób ciągły sygnał sondy lambda, dostosowując ilość gazu dopływającego do mieszalnika, tak aby zapewnić:

- ✗ stałość składu mieszaniny
- ✗ wymaganą dynamikę samochodu

Precyzyjna regulacja przepływu gazu zapewnia zarówno obniżenie poziomu emisji składników toksycznych w spalinach, zwiększoną efektywność wykorzystania paliwa gazowego, jak również zmniejsza ryzyko pojawienia się zjawiska „cofającego się płomienia”.

4.2.1. Charakterystyka układu regulacji przepływu gazu

W klasycznym układzie zasilania, opartym na regulatorze ciśnienia oraz mieszalniku zabudowanym w układzie dolotowym, ilość gazu dopływającego do silnika jest uzależniona od obciążenia silnika. Tym samym na prawidłowość działania tego układu wpływa właściwie dobrany mieszalnik oraz charakterystyka reduktora-regulatora ciśnienia gazu. Pomimo prawidłowego doboru tych urządzeń zmienne obciążenia silnika, przy uwzględnieniu określonej bezwładności oraz pojemności układu dolotowego, przyczyniają się do nadmiernego zużożenia lub wzbogacania mieszanki powietrzno-gazowej. W konsekwencji, dla zapewnienia stałości składu mieszanki powietrzno-gazowej są stosowane dodatkowe urządzenia, których zasadniczym zadaniem jest korygowanie w sposób ciągły składu mieszanki tak, aby odpowiadał on parametrom mieszanki stechiometrycznej gazu i powietrza w różnych warunkach pracy silnika.

Regulacja ta jest najczęściej przeprowadzana przy wykorzystaniu czterech metod.

1. Dławienie przepływu gazu na jego drodze z reduktora-regulatora ciśnienia do mieszalnika, za pomocą zaworu dławiącego.

2. Wprowadzenie dodatkowej ilości powietrza do przewodu łączącego reduktor-regulator ciśnienia z mieszalnikiem.

3. Oddziaływanie na membranę komory regulacyjnej przez zmianę różnicy ciśnień.

4. Oddziaływanie na układ mechaniczny zespołu membrana-dźwigienka komory regulacyjnej, aby uzyskać zmianę sztywności tego układu.

Każda z tych metod ma swoich zwolenników wśród producentów aparatury zasilającej. Metody druga i trzecia są stosowane w instalacjach amerykańskich, czwartą próbują wprowadzać wybrane firmy włoskie, natomiast pierwsza - jest

obecnie szeroko rozpowszechniona w Polsce.

Dla zapewnienia prawidłowości działania systemów regulacji są wykorzystywane następujące sygnały:

- ✗ prędkości obrotowej silnika
- ✗ zawartości tlenu w spalinach
- ✗ obciążenia silnika (sygnał informujący o kącie otwarcia przepustnicy, sygnał przetwornika podciśnienia lub oba jednocześnie)

Właściwy algorytm przetwarzania tych informacji umożliwia ustalenie takiego położenia silnika krokowego, decydującego o chwilowym położeniu zaworu dławiącego, aby w każdym stanie obciążenia silnika mieszanka powietrzno-gazowa była stechiometryczna.

4.2.2. Regulator przepływu

Elementem wykonawczym systemu regulacji przepływu jest zawór dławiący napędzany silnikiem krokowym. Zawór ten umożliwia zmianę czynnego przekroju kanału, przez który przepływa gaz z reduktora ciśnienia do mieszalnika. O skuteczności i prawidłowości jego działania decyduje zarówno jego konstrukcja, jak i szybkość działania.

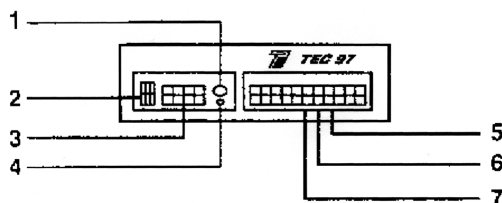
W ostatnich latach dokonano znacznych zmian w konstrukcji urządzeń sterujących przepływem gazu. Zmiany umożliwiły m.in.:

- ✗ ograniczenie do minimum liczby urządzeń pomocniczych (przełączniki, emulatory itd.)

- ✗ zwiększenie liczby realizowanych funkcji

- ✗ łatwy wybór oprogramowania dostosowanego do potrzeb adaptowanej jednostki napędowej

Wszystkie zasadnicze funkcje są łatwo dostępne, gdyż ich wybór umożliwia ręczne programowanie. Inne funkcje są dostępne przez programowanie urządzenia za pomocą komputera. Komputer umożliwia również wizualizację zarówno wybranego oprogramowania, jak i parametrów pracy systemu regulacji przepływu gazu.



Rys. 4.7. Urządzenie sterujące typu TEC'97 wraz z opisem złączy: 1 - potencjometr do regulacji prędkości zmiany rodzaju paliwa, 2 - przełączniki do programowania, 3 - złącze diagnostyczne, 4 - dioda w kolorze czerwonym, 5, 6 i 7 - złącze dla trzech wiązek A, B i C

Zwiększenie liczby funkcji realizowanych przez obecnie wytwarzane systemy regulacji przepływu gazu ma na celu również zapewnienie prawidłowej współpracy obu systemów zasilania benzyną i gazem w coraz to bardziej skomplikowanych systemach sterowania jednostkami napędowymi. Wymaga jednak wyższych kwalifikacji oraz dodatkowego wyposażenia specjalistycznego.

Zasadnicze oprogramowanie odpowiadające wymaganiom pojazdu, w którym jest montowany układ zasilania gazowego, może być wprowadzone ręcznie. Procedura ta trwa jednak znacznie dłużej niż w przypadku, gdy stosujemy komputer, który umożliwia również zmianę oprogramowania w czasie jazdy próbnej.

4.3. Połączenia elektryczne

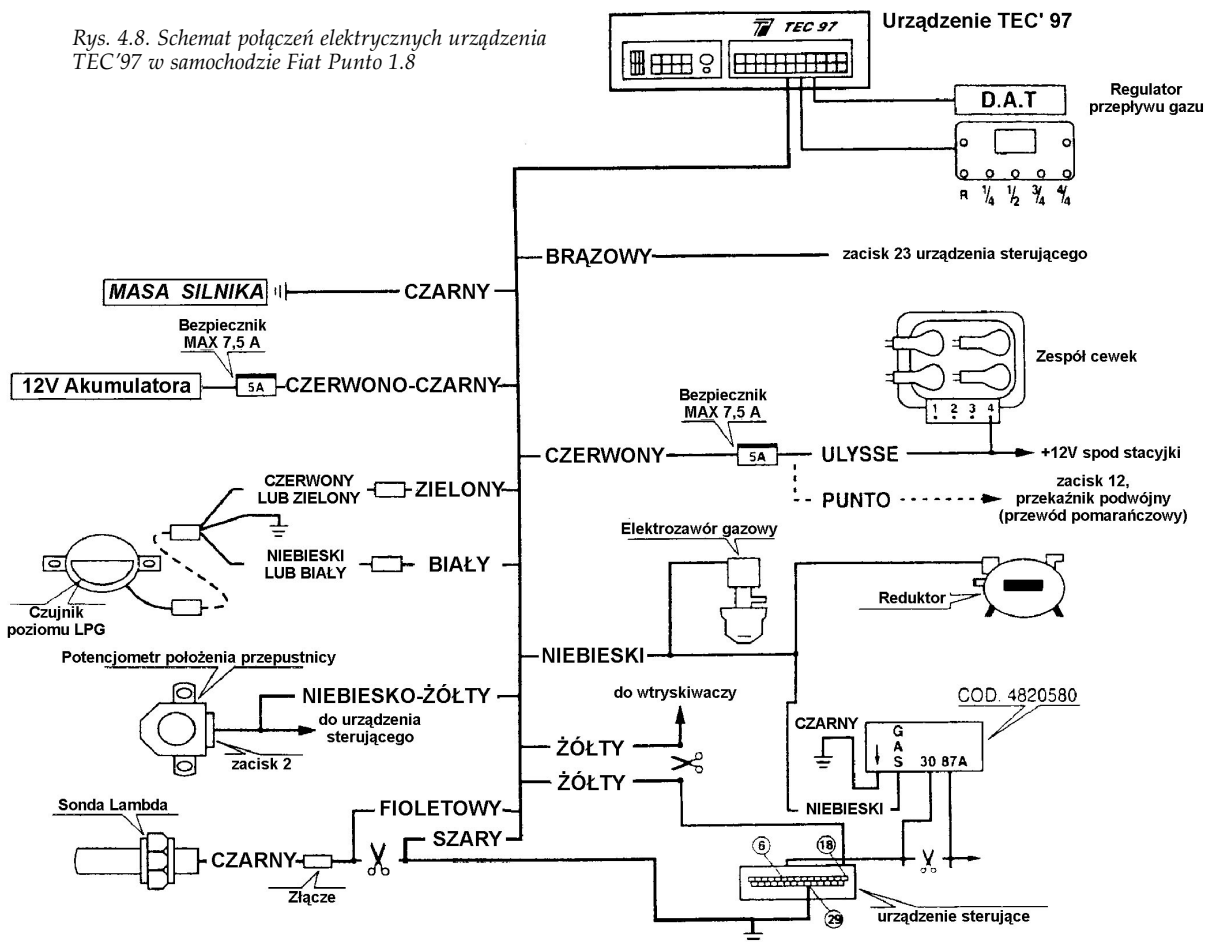
Przykład podłączenia urządzenia sterującego TEC firmy Tartarini Auto pokazano na rys. 4.8.

Urządzenie sterujące przepływem gazu jest wyposażone w złącze, z którego są wyprowadzone trzy wiązki. Wiązka A łączy urządzenie sterujące z przełącznikiem, wiązka B wyprowadza przewody zasilające i sygnałowe, natomiast wiązka C łączy urządzenie z regulatorem przepływu.

4.4. Przełącznik rodzaju zasilania

Przełącznik ten zapewnia rozruch silnika na benzynie i automatyczne przejście na zasilanie gazowe, po zwiększeniu prędkości obrotowej silnika. Zmiana paliwa zasilającego silnik może nastąpić przy wzroście prędkości obrotowej lub jej spadku. Prędkość obrotową silnika, przy której następuje zmiana, ustala się za pomocą potencjometru zabudowanego w urządzeniu sterującym przepływem gazu (rys. 4.7). Potencjometr regulacyjny umożliwia regulację progu przełączania w zakresie od 1500 do 3000 obr./min.

Rys. 4.8. Schemat połączeń elektrycznych urządzenia TEC'97 w samochodzie Fiat Punto 1.8



4.5. Symulacja pracy sondy lambda

W pkt. 4.1 wyjaśniono zasady adaptacji składu mieszanki, wskazując również na fakt, że adaptacja ta odbywa się w sposób ciągły. Każde zakłócenie składu mieszanki powoduje jednak, że przedstawione wielkości regulacji składu są zmieniane tak długo, aż skład mieszanki zostanie skorygowany do wartości współczynnika nadmiaru powietrza $\lambda = 1$. Chwilowe odchylenia od wartości podstawowych są wyrażane bieżącą korekcją układu regulacji. W przypadku dłuższego utrzymywania się niedopuszczalnych parametrów korekcji układu regulacji, rejestrowane są błędy przekroczenia granic adaptacji lub następuje czasowe lub trwałe wyłączenie z pracy układu adaptacji. Zasilanie silnika gazem jest związane ze:

- ✖ znacznym wydłużeniem czasu odpowiedzi sondy lambda na zmieniające się parametry mieszanki powietrzno-gazowej

- ✖ zmniejszeniem amplitudy sygnału otrzymywanego z sondy lambda

Biorąc pod uwagę te dwa istotne elementy, dla zapewnienia poprawności pracy ECU w zakresie adaptacji składu mieszanki konieczne jest symulowanie pracy sondy lambda.

W czasie programowania urządzenia sterującego ob istnieje możliwość wyboru jednego z trzech rodzajów symulacji:

- ✖ masowej
- ✖ przebiegiem prostokątnym
- ✖ obwodem otwartym

Dla uzyskania bezwzględnej pewności o prawidłowym wyborze symulacji, bardzo ważną rzeczą jest stosowanie się do zaleceń określonych w informacji technicznej dotyczącej sposobu zabudowy, a zwłaszcza tej części, która dotyczy oprogramowania urządzenia sterującego systemem regulacji dla samochodu poddawanego adaptacji. Tylko takie działanie może ustrzec dokonujących adaptacji przed uszkodzeniem ECU lub problemami z właściwą współpracą obu systemów zasilania.

Wybierając opcję programową symulacji masowej, urządzenie sterujące przepływem gazu zwraca przewód szary na masę i ECU otrzymuje sygnał równy 0 V, a więc odpowiadający mieszance ubogiej. W wyniku takiej symulacji, podczas zasilania silnika gazem integrator przesuwają się w kierunku stałego wzbogacenia mieszanki i czas wtrysku uzyskuje maksymalną możliwą wartość. Po przejściu na zasilanie benzyną integrator powinien powrócić do położenia środkowego i oscylować wokół niego, stosownie do zmian składu mieszanki. W przypadku, gdy wystąpią jakiegokolwiek proble-

my z prawidłową pracą silnika w fazie jego nagrzewania oraz wtedy, gdy silnik jest rozgrzany, otrzymujemy informację o tym, że integrator zatrzymał się w polu maksymalnego wzbogacenia lub je przekroczył. Należy wtedy skorzystać z fabrycznego urządzenia diagnostycznego elektroniczne układy sterowania, skasować błędy zarejestrowane w pamięci błędów i bezwzględnie zmienić wybraną opcję symulacji.

W wielu samochodach są wykorzystywane urządzenia sterujące, które umożliwiają przesunięcie sygnału sondy lambda względem masy o ok. 0,2-0,3 V. Umożliwia to eliminację zakłóceń i znacznie lepszą identyfikację stanu pracy sondy. W układach takich zastosowanie symulacji masowej nie jest możliwe.

Symulacja przebiegiem prostokątnym polega na tym, że w czasie pracy silnika zasilanego gazem do ECU jest wysyłany sygnał o przebiegu prostokątnym. Wybór tej opcji symulacji umożliwia również swobodne kształtowanie tego przebiegu zarówno w odniesieniu do czasu trwania impulsu, jak i odległości między nimi. Symulacja ta jest skuteczna w niewielu systemach, a najczęściej jest wykorzystywana do symulacji pracy sondy lambda w systemach GM typu Multec. W pozostałych systemach nie sprawdza się, stwarzając ogromne problemy w zapewnieniu właściwego współdziałania obu systemów zasilania.

Należy pamiętać, że wybór tej opcji symulacji w znacznej większości współczesnych systemów sterowania wtryskiem benzyny może doprowadzić do bardzo szybkiego, trwałego uszkodzenia urządzenia sterującego.

Obwód otwarty oznacza przerwanie obwodu sondy lambda przez urządzenie sterujące przepływem gazu. Wybór tej opcji w wielu przypadkach nie przyczynia się do zarejestrowania błędu związanego z brakiem sondy lambda, integrator zajmuje pozycję środkową (0%) w czasie, gdy silnik zasilany jest gazem. Z chwilą wystąpienia błędu należy jednak podjąć takie działania, które umożliwią jego wyeliminowanie i zaprzestanie jego rejestracji w pamięci błędów.

4.6. Urządzenia pomocnicze

4.6.1. Symulatory wtryskiwaczy

Dla uzyskania poprawnego wyniku w procesie adaptacji są wykorzystywane dodatkowe urządzenia elektroniczne. Należą do nich m.in. symulatory wtryskiwaczy. Urządzenia te są wyposażone w odpowiednio przygotowane wiązki zakończone gniazdkami i wtyczkami, co umożliwia szybki ich

montaż w komorze silnika. Ich zadaniem jest przewidywanie pracy wtryskiwaczy wtedy, gdy silnik jest zasilany gazem i wprowadzenie oporności zastępczej, która eliminuje rejestrowanie błędów uszkodzonych wtryskiwaczy. Różnorodność stosowanych systemów zasilania benzyną, różna liczba cylindrów oraz ich układ są powodem znacznej różnorodności konstrukcji symulatorów pracy wtryskiwaczy. Można jednak te urządzenia podzielić w następujący sposób:

- ✗ w zależności od liczby cylindrów - przeznaczone dla silników cztero- i sześciocylindrowych

- ✗ w zależności od układu cylindrów - przeznaczone dla silników rzędowych, widlastych i typu boxer

- ✗ w zależności od oporności wtryskiwaczy - o oporności 2,5 Ω , 10 Ω , 12-13 Ω , 15 Ω i 18-20 Ω .

Większość tych urządzeń jest wyposażonych w przełącznik czasowy, którego czas włączenia jest regulowany za pomocą potencjometru. Umożliwia to swobodną regulację czasu podawania jednocześnie dwóch paliw, w trakcie zmiany paliwa zasilającego, w taki sposób, aby następowały one w sposób płynny, bez zawahań w pracy silnika.

Wykorzystywany obecnie symulator firmy AEB pod nazwą Pitagora (rys. 4.9), umożliwia wybór oporności zastępczej z uwzględnieniem odpowiedniej kombinacji położenia przełączników, w które jest wyposażony (od 10 do 20 Ω). Jest również urządzeniem wyłączającym każdy z wtryskiwaczy niezależnie.

Do wyłączania wtryskiwaczy można stosować również:

- ✗ przełączniki czasowe, które są włączane w przewody zasilające wtryskiwacze po ich przełączeniu

- ✗ specjalne okablowanie współpracujące z przełącznikiem czasowym

Możliwość wykorzystania przełącznika do wyłączania wtryskiwacza lub wtryskiwaczy jest uzależniona od konstrukcji wyjściowych stopni mocy ECU. Przy wykorzystaniu okablowania współpracującego z pojedynczym przełącznikiem czasowym należy zwrócić uwagę na zgodność polaryzacji na każdej z wtyczek zasilających wtryskiwacze.

4.6.2. Stabilizatory biegu jałowego

Urządzenia te zapobiegają nadmiernemu obniżeniu się prędkości obrotowej silnika oraz przerwaniu jego pracy, podczas zasilania gazem, a tym samym sytuacjom stwarzającym duże niedogodności dla użytkownika samochodu z takim zasilaniem. Opracowano je dla silników z układami wtrysku benzyny, które są wyposażone w stabilizatory biegu jałowego. Urządzenia te działają jedynie w czasie zasilania silnika gazem, nie powodując zmiany nastaw fabrycznych i zapewniają możliwość regulacji prędkości biegu jałowego. Regulacja ta przyczynia się do zapewnienia stałej prędkości obrotowej silnika zasilanego gazem, niezależnie od tego czy silnik jest rozgrzany, czy zimny lub włączona jest klimatyzacja.

4.6.3. Korektory kąta wyprzedzenia zapłonu

Ich stosowanie wynika z odmiennej charakterystyki gazu w porównaniu z benzyną, dla którego producent zoptymalizował parametry regulacyjne, zwłaszcza charakterystykę kąta wyprzedzenia zapłonu. Stąd też bez zmodyfikowania ustalonego przez producenta punktu zapłonu nie jest możliwe pełne wykorzystanie osiągnięć silnika, gdy jest on zasilany gazem. Jedynym i bardzo prostym sposobem jest wykorzystanie urządzeń nazywanych korektorami kąta zapłonu, które analizując aktualny punkt zapłonu zmieniają go, optymalizując dla gazu. Asortyment tych urządzeń jest bogaty, co umożliwia ich wykorzystanie we wszystkich produkowanych obecnie samochodach. Budowa korektorów jest oparta na mikroprocesorach, a ich działanie polega na przetwarzaniu oryginalnej charakterystyki kąta wyprzedzenia zapłonu przez jej modyfikację na podstawie wprowadzonego oprogramowania. Oprogramowanie to jest wprowadzane w trakcie adaptacji samochodu za pomocą mikroprzełączników.

Rys. 4.9





Rys. 4.10. Korektor kąta wyprzedzenia zapłonu

4.7. Diagnostyka układów regulacji przepływu gazu

Weryfikacja układu regulacji przepływu gazu pod względem prawidłowości jego funkcjonowania wymaga dokładnej znajomości budowy i zasad funkcjonowania układu zasilania (tak alternatywnego - gazowego, jak i oryginalnego benzynowego). Właściwe przeprowadzenie kontroli systemu zasilania gazem umożliwiają urządzenia diagnostyczne.

Urządzenia te umożliwiają obserwację podstawowych parametrów pracy systemu zasilania, których zmiany muszą zawierać się w ustalonych zakresach dla określonych warunków pracy silnika. Ponieważ podstawowym sygnałem umożliwiającym ustalenie przez układ zasilania właściwego składu mieszanki jest sygnał sondy λ , weryfikacja układu regulacji powinna rozpoczynać się od oceny prawidłowości jej pracy. Stąd też niezbędne jest dokonanie oceny:

- ✗ różnicy napięcia pomiędzy wartością maksymalną (odpowiadającą wzbogaceniu) oraz minimalną (odpowiadającą zubożeniu); wartość minimalna różnicy nie może być niższa od 0,6 V

- ✗ częstotliwości pracy sondy na biegu jałowym i podwyższonej prędkości bez obciążenia, dla których to warunków powinniśmy uzyskać 0,5 Hz i 5-6 Hz

Układ regulacji dąży do utrzymania mieszanki stechiometrycznej, tym samym powinno to być wi-

doczne w zmieniającym się płynnie sygnale sondy λ . Obserwacja przebiegu tego sygnału oraz charakteru reakcji urządzenia wykonawczego układu zasilania (tj. silnika krokowego) umożliwia dokonanie oceny prawidłowości pracy systemu. Dzięki bardziej rozbudowanym urządzeniom diagnostycznym (opartym na komputerach klasy PC), możliwa jest obserwacja zmian wszystkich sygnałów, które wykorzystuje badany system zasilania (poza sygnałem sondy λ są to m.in. sygnały TPS, MAP, czy np. czujnika temperatury, których rola w układzie sterowania przepływem jest pomocnicza).

Obecne systemy regulacji przepływu gazu, będące uzupełnieniem klasycznych systemów zasilania gazem, stanowią coraz bardziej skomplikowane konstrukcje, które zapewniają:

- ✗ zmniejszenie liczby urządzeń zabudowanych w samochodzie

- ✗ znacznie lepszą współpracę systemów zasilania gazem i benzyną

- ✗ zwiększenie efektywności wykorzystania gazu (zmniejszenie jego zużycia)

- ✗ spełnienie obecnie obowiązujących wymagań określających dopuszczalny poziom emisji składników toksycznych w spalinach

W konsekwencji systemy te stawiają jednak wyższe wymagania dotyczące kwalifikacji oraz wyposażenia diagnostycznego. Jest to na pewno znaczne utrudnienie zarówno dla montażysty, jak i dla diagnosty, gdyż wymaga rozpatrywania każdego modelu pojazdu indywidualnie. Takie podejście stanowi gwarancję wysokiej jakości montażu oraz prawidłowej weryfikacji dopuszczającej pojazd do ruchu na drogach publicznych.

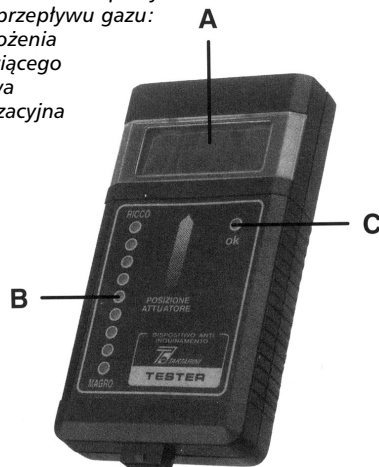
Elementem wspomagającym i równocześnie wymuszającym takie działania są wprowadzane

Rys. 4.11. Tester do kontroli pracy układu regulacji przepływu gazu:

A - wskaźnik położenia zaworu dławiącego

B - linijka diodowa

C - dioda sygnalizacyjna



Tablica 4. Wyniki badań toksyczności spalin dla samochodu Daewoo Lanos 1,5 SOHC i 1,6 DOHC według regulaminu 83-03

Przebieg [km]	Paliwo bezołowiowe		Paliwo gazowe LPG	
	HC + NO _x g/km	CO g/km	HC + NO _x g/km	CO g/km
1000	0,190/0,344	0,297/1,239	0,227/0,215	1,088/0,213
4000	0,179/0,248	0,548/0,900	0,355/0,229	1,361/1,210
Limit	0,5/0,5	2,2/2,2	0,5/0,5	2,2/2,2

Tablica 5. Wyniki pomiarów zużycia paliwa samochodu Lanos 1,5 SOHC i 1,6 DOHC metodą bilansu węgla

Przebieg [km]	Paliwo bezołowiowe			Paliwo gazowe		
	ECE l/100 km	ECE+ l/100 km	Mieszany l/100 km	ECE l/100 km	ECE+ l/100 km	Mieszany
1000	12,22/12,07	6,39/6,31	8,51/8,41	14,36/14,74	7,86/7,96	10,26/10,44
4000	11,76/12,33	6,10/6,47	8,16/8,60	13,73/13,77	7,14/7,98	9,55/10,11

obecnie nowe wymagania homologacyjne, obejmujące zarówno pojazdy przystosowane fabrycznie do zasilania gazem, jak i ukierunkowane systemy zasilania wytwarzane w całości przez jednego producenta.

4.8. Emisja spalin samochodów zasilanych alternatywnie gazem, z wykorzystaniem klasycznych układów zasilania z regulacją przepływu gazu

Jednym z zasadniczych warunków umożliwiających eksploatację samochodów zasilanych gazem jest spełnienie obowiązujących wymagań dopuszczalnych poziomów emisji składników toksycznych w spalinach. Mimo stosunkowo prostej budowy atomowej paliw gazowych, spełnienie tych warunków nie jest proste. Uzyskiwane w czasie badań wyniki zależą bowiem od dokładności dawkowania

tych paliw oraz tych rozwiązań konstrukcyjnych układów regulacji, które kształtują charakterystyki w stanach nieustalonych pracy silnika. Podwyższona temperatura spalania wpływa niekorzystnie na zawartość tlenków azotu w spalinach silnika zasilanego gazem i przede wszystkim ten składnik spalin sprawia największe problemy w uzyskaniu pożądanego wyniku.

W tablicach 4 i 5 przedstawiono wyniki badań kilku samochodów, które wyposażono w urządzenia zasilające, produkowane przez firmę Tartarini Auto. Badania te wykonano w dwóch polskich ośrodkach badawczych - OBR FSO-Daewoo w Faleńcu oraz OBR BOSMAL w Bielsku-Białej.

Przedstawione wyżej wyniki wskazują wykorzystanie odpowiedniej aparatury zasilającej. Jej prawidłowy montaż i regulacja umożliwiają spełnienie wymagań określonych w obowiązujących regulacjach prawnych.

5. System OBD a zasilanie gazem

5.1. Geneza OBD

Dynamiczny rozwój systemów zasilania silników spalinowych w okresie ostatnich kilku lat wynika bezpośrednio z konieczności sprostania coraz to bardziej rygorystycznym wymaganiom określającym dopuszczalne poziomy emisji spalin. Pierwsze radykalne kroki, mające na celu ograniczenie emisji toksycznych składników spalin, oraz wyraźne ograniczenie zużycia paliwa przez jednostki napędowe, poczyniono na początku lat 90. w Kalifornii. Równocześnie z ograniczeniem poziomu emisji składników toksycznych spalin po raz pierwszy wprowadzono system OBD (On Board Diagnostics). Głównym założeniem tego systemu, stanowiącego integralną całość z układem zasilania benzyną, było ciągłe monitorowanie stanu pracy jednostki napędowej oraz systemu oczyszczania spalin.

Zgodnie z przyjętymi założeniami, system OBD nadzoruje pracę oraz łączy w integralną całość następujące układy:

- ✗ system paliwowy
- ✗ człon regulacji składu mieszanki
- ✗ układ zapłonowy
- ✗ układ oczyszczania spalin
- ✗ filtry cząstek stałych (silniki wysokoprężne)
- ✗ układ recyrkulacji spalin (EGR)
- ✗ układ elektronicznego sterowania pracą silnika

Głównym celem wykorzystania systemu OBD jest kontrola wymienionych układów, albowiem ich prawidłowe działanie ma na celu zapewnienie dopuszczalnych poziomów emisji toksycznych składników spalin. Zgodnie z obowiązującymi aktualnie założeniami kontrolka MIL (sygnalizująca nieprawidłowości wykryte przez system OBD) zapala się w sytuacji, gdy wyniki uzyskane przez system OBD w trakcie monitorowania przekroczą wartości porównawcze, określone w algorytmach sterowania.

5.2. Podstawowe założenia algorytmów kontroli stanu pracy silnika

System OBD przewiduje wykorzystanie wielu złożonych algorytmów kontroli pracy silnika. Pro-

cedury kontrolne, na podstawie analiz wszystkich próbkowanych przez elektroniczne urządzenie sterujące sygnałów, dokonują oceny stanu pracy jednostki napędowej. W sytuacji, gdy przekroczone są wartości dopuszczalne zapala się kontrolka MIL. Istotnym problemem jest właściwe rozpoznanie nieprawidłowości pojawiających się w pracy jednostki napędowej. Duży wpływ na wyniki działania algorytmów kontrolnych, przewidzianych przez OBD, mają pojawiające się powszechnie w komorze silnika zakłócenia. W celu wykluczenia błędów przyjmuje się określone kryteria działania algorytmów, oparte na analizie prawdopodobieństwa dokonania błędnej oceny. Przyjmuje się, że wynik działania algorytmu kontrolnego wskazującego na określoną nieprawidłowość w pracy systemu jest wiarygodny, jeżeli powtórzy się w dziesięciu niezależnych próbach, określanych cyklami jezdnyimi.

5.3. System OBD w odniesieniu do paliw alternatywnych

Podstawowe algorytmy kontrolne systemu OBD nadzorują działanie wszystkich systemów mających bezpośredni wpływ na poziom emisji składników toksycznych spalin. Algorytmy te zaprojektowano zakładając ich prawidłowe działanie w odniesieniu do paliwa bazowego, tj. benzyny. W trakcie alternatywnego zasilania jednostki napędowej paliwami gazowymi (gaz ziemny, propan-butan), charakteryzującymi się odmiennymi właściwościami, specyficznym przebiegiem procesu spalania, system diagnostyczny OBD może w wielu przypadkach, opierając się na algorytmach kontrolnych dopasowanych do potrzeb paliwa benzynowego, błędnie interpretować próbkowane przez elektroniczne urządzenie sterujące sygnały. W rezultacie podczas normalnej pracy silnika alternatywnie zasilanego gazem, system OBD będzie rejestrował oraz sygnalizował zapaleniem się kontrolki MIL - jego zdaniem - nieprawidłową pracę. Dla zobrazowania różnic w działaniu systemu OBD w tabl. 6 zestawiono porównawczo zachowanie się podstawowych algorytmów weryfikacyjnych.

5.4. Rozwiązania konstrukcyjne umożliwiające prawidłową współpracę systemów zasilania benzyną i gazem

Zgodnie z obecnie obowiązującymi przepisami pojazdy samochodowe zasilane alternatywnie gazem muszą spełniać wymagania wynikające z założeń systemu OBD. Stąd też od 2000 r. większość nowych pojazdów jest wyposażona w system OBD. Natomiast w odniesieniu do pojazdów zasilanych gazem wymaga się, aby:

✗ pojazdy fabrycznie przystosowane do zasilania gazem od 2003 r. były wyposażone w systemy zasilania gazem zgodne ze standardem OBD

✗ pojazdy przystosowane do zasilania paliwami na rynku wtórnym były od 2004 r. wyposażone w systemy zasilania gazem zgodne ze standardem OBD

W konsekwencji tych regulacji prawnych EKG ONZ do 2004 r. przewiduje się możliwość wykorzystania odmiennych strategii działania systemu OBD. Dopuszczalna jest tym samym możliwość dezaktywacji części algorytmów systemu diagnostycznego, zwłaszcza tych, dla których uzyskane wyniki podczas zasilania alternatywnego mogłyby być niewiarygodne.

Tym samym, na etapie projektowania systemów zasilania alternatywnego gazem możliwe jest przyjęcie jednej z dwóch możliwości:

Tablica 6. Przykłady decyzji podejmowanych na podstawie algorytmów weryfikacyjnych

Algorytm kontroli efektywności działania systemu oczyszczania spalin

Założenia:	kontrola pracy systemu oczyszczania spalin dla każdego cyklu jezdnego
Kryteria oceny nieprawidłowości:	dopuszczalna granica 150% normy NMOG
Specyfika zachowania się algorytmu w odniesieniu do paliwa gazowego:	✗ odmienne zachowanie katalitycznego dopalacza spalin ✗ zmiany składu paliwa gazowego (znacznie wolniejsze od wymaganych), wpływające w sposób wyraźny na przebiegi rejestrowane przez czujniki tlenu; w rezultacie odmienne wyniki całkowania sygnału przez elektroniczne urządzenie sterujące ✗ konieczność zastosowania indywidualnych dla danego paliwa gazowego, odmiennych od charakterystycznych dla paliwa bazowego, funkcji adaptacyjnych

Algorytm kontroli prawidłowości działania systemu zasilania

Założenia:	ciągła kontrola systemu zasilania benzyną pod kątem poziomu emisji spalin
Kryteria oceny nieprawidłowości:	dopuszczalna granica 150% wartości nominalnej (zarówno tendencja zubożenia, jak i wzbogacenia mieszanki)
Specyfika zachowania się algorytmu w odniesieniu do paliwa gazowego:	✗ konieczność zastosowania odrębnych algorytmów zapewniających właściwą realizację funkcji adaptacji składu mieszanki ✗ zbyt duża emisja par paliwa, utrudniająca właściwą korektę składu mieszanki dla systemu pracującego w pętli sprzężenia zwrotnego; w rezultacie brak możliwości właściwej adaptacji składu mieszanki ✗ różne proporcje stechiometrycznych mieszanek paliwowo-powietrznych, wynikające z odmiennego składu paliwa bazowego oraz paliw alternatywnych, wprowadzające dodatkowe zaburzenie dla efektywności działania algorytmu

Algorytm kontroli prawidłowości działania systemu zapłonowego

Założenia:	ciągła kontrola prawidłowości działania systemu zapłonowego; monitorowanie wypadających zapłonów dla każdego z cylindrów silnika
Specyfika zachowania się algorytmu w odniesieniu do paliwa gazowego:	✗ konieczność indywidualnego dopasowania charakterystyk kąta wyprzedzenia zapłonu dla każdego z paliw gazowych, wynikająca z odmiennych właściwości i przebiegu procesu spalania dla paliwa bazowego i gazowego ✗ różny wpływ nieprawidłowej pracy systemu zapłonowego w silniku alternatywnie zasilanym gazem oraz dla jednostki pracującej na paliwie bazowym na poziom emisji toksycznych składników spalin

✗ opracowanie systemu z przeznaczeniem dla rynku wtórnego

✗ opracowanie systemu z przeznaczeniem do montażu fabrycznego (OEM)

Systemy zasilania, projektowane z myślą o ich wykorzystaniu na rynku wtórnym, stanowią w dniu dzisiejszym najliczniejszą grupę. Na potrzeby tej części rynku zaprojektowano i wytworzono elektroniczne, mikroprocesorowe urządzenia zapewniające właściwą pracę systemu zasilania paliwem bazowym, eliminując równocześnie możliwość rejestracji błędów przez elektroniczne urządzenia sterujące pracą jednostki napędowej. Urządzenia te, nazywane symulatorami OBD, komunikując się ze sterownikami systemu zasilania paliwem bazowym, zapewniają możliwość uzyskania prawidłowych wyników w trakcie realizacji algorytmów kontrolnych przez system OBD. Dobór odpowiedniego symulatora wymaga zastosowania odpowiedniego urządzenia diagnostycznego, które umożliwia rozpoznanie standardu komunikacji zastosowanego przez producenta.

Rozwiązanie najbardziej rozbudowane i dające najlepsze rezultaty stanowią systemy alternatywnego zasilania gazem, działające w pełni kompatybilnie z systemami zasilania paliwem bazowym.

Realizacja współpracy pomiędzy producentem systemów zasilania paliwem bazowym a produ-

centem systemów alternatywnego zasilania gazem może przybierać różne kształty. Najprostszym przykładem jest utworzenie pewnego rodzaju sieci (mniej rozbudowane przesyłające tylko i wyłącznie dwustanowe informacje o rodzaju aktualnie wykorzystywanego paliwa zasilającego, lub bardziej złożone np. CAN), łączącej niezależnie działające urządzenia sterujące. Wymiana danych umożliwia przekazanie sterownikowi paliwa bazowego informacji o zmianie rodzaju paliwa zasilającego, w konsekwencji powodując dezaktywację tych algorytmów systemu OBD, których wyniki mogłyby okazać się mało wiarygodne, oraz przekazując równocześnie realizację funkcji kontrolnych do urządzenia sterującego systemem zasilania alternatywnego.

Najbardziej rozbudowane rozwiązanie jest charakterystyczne dla systemów przeznaczonych do montażu fabrycznego (OEM). Stanowią je układy zasilania zrealizowane w ścisłej współpracy producentów systemów zasilania paliwem bazowym oraz paliwem alternatywnym. Owocem tej ścisłej współpracy są konstrukcje wykorzystujące zintegrowane w jednej obudowie urządzenie sterujące systemem zasilania benzyną oraz gazem. Rozwiązanie to umożliwia komunikację w warstwie programowej, bez konieczności budowania dodatkowych sieci oraz projektowania protokołów transmisji.



6. System zasilania nadciśnieniowego

Ostatnie kilka lat to okres wyjątkowo dynamicznych zmian w zakresie konstrukcji układów dolotowych i zasilających jednostki napędowe ZI oraz wprowadzania rygorystycznych norm określających dopuszczalne poziomy emisji toksycznych składników w spalinach. Wobec tych stale rosnących wymagań, konieczne stało się stworzenie produktu - układu zasilania zapewniającego prawidłową i bezpieczną adaptację nowoczesnych jednostek napędowych (precyzyjne dawkowanie i eliminacja zjawiska cofającego się płomienia). Przykładem takiego układu jest system ETAGAS.

6.1. Elementy składowe systemu ETAGAS

Zasadnicze elementy systemu ETAGAS to:

- ✗ parownik-regulator ciśnienia, regulujący ciśnienie do wartości wyższej niż występująca w danej chwili w kolektorze ssącym

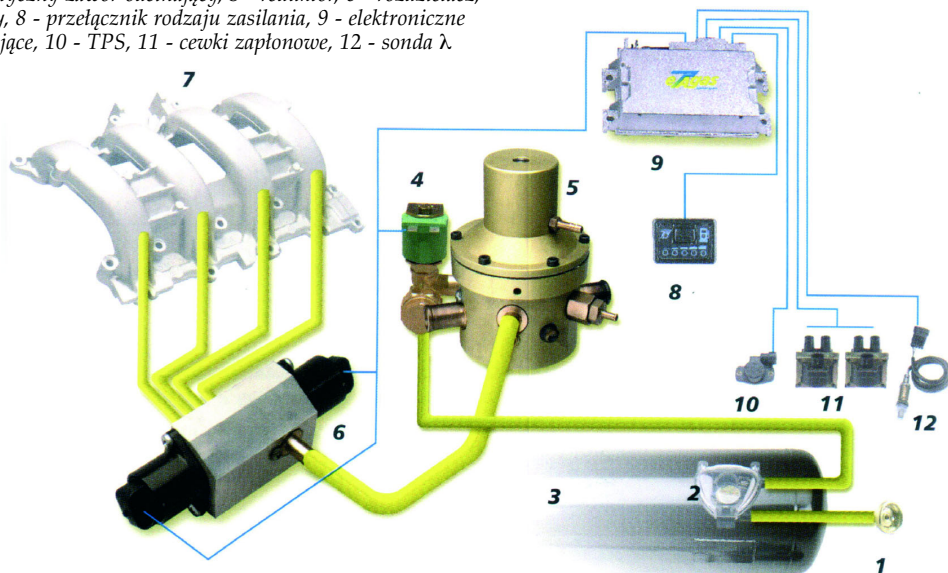
- ✗ rozdzielacz, wyposażony w dwa silniki krokowe sterowane przez urządzenie sterujące; jeden silnik spełnia rolę zaworu odcinającego (cut-off), drugi reguluje wydatek gazu płynącego do kolektora ssącego

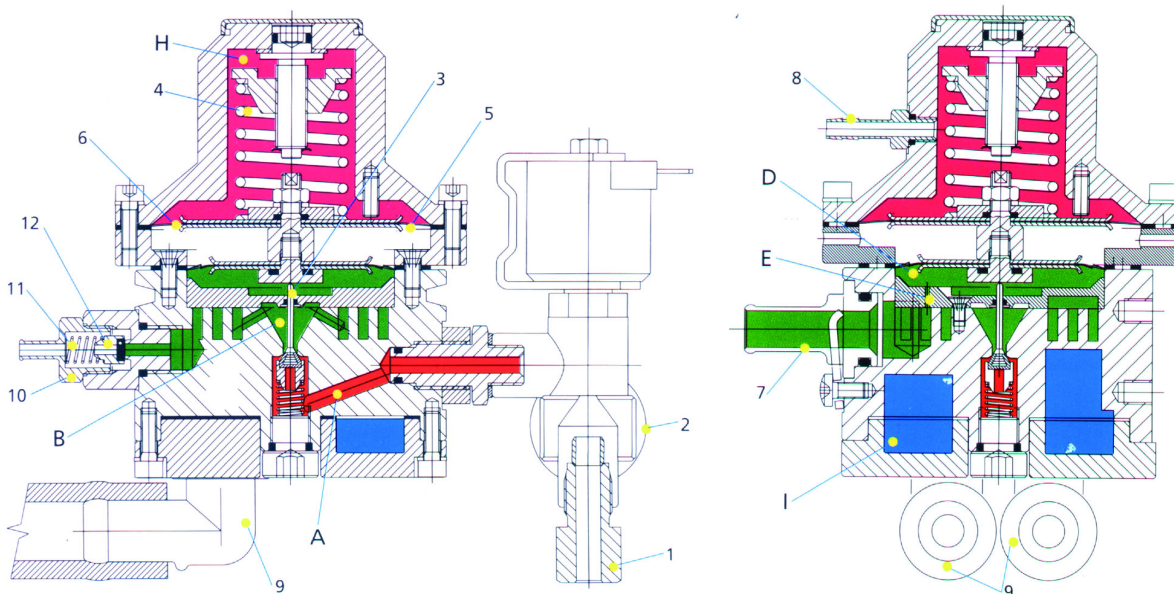
- ✗ urządzenie sterujące, które przetwarza sygnały z czujników zabudowanych na silniku (TPS, sygnał prędkości obrotowej, sonda lambda) oraz steruje urządzeniami wykonawczymi, m.in. silnikami krokowymi rozdzielacza

Układ zasilania wyposażono także w przełącznik (służący do wyboru rodzaju paliwa zasilającego) oraz złącze diagnostyczne.

Inaczej niż w klasycznym układzie zasilania (mieszalnikowym) odparowany propan-butan wtryskiwany jest w pobliżu zaworów ssących silnika, dlatego też omawiany system zapobiega niebezpiecznemu wypełnianiu się kolektora ssącego mieszaną wybuchową, co w niektórych jednostkach napędowych może prowadzić do zaistnienia zjawiska tzw. cofającego się płomienia.

Rys. 6.1. Schemat układu zasilania nadciśnieniowego: 1 - zawór napełniający, 2 - osprzęt zespolony zbiornika oraz osłona hermetyczna, 3 - zbiornik LPG, 4 - elektromagnetyczny zawór odcinający, 5 - reduktor, 6 - rozdzielacz, 7 - kolektor ssący, 8 - przełącznik rodzaju zasilania, 9 - elektroniczne urządzenie sterujące, 10 - TPS, 11 - cewki zapłonowe, 12 - sonda λ .





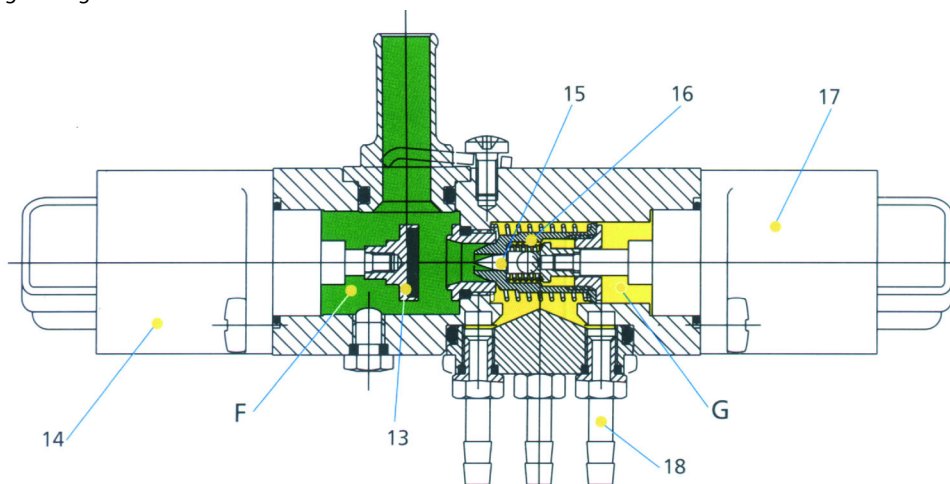
Rys. 6.2. Przekrój przez parownik i regulator ciśnienia ETAGAS

Pod wieloma względami system nadciśnieniowy jest zbliżony do układu wtryskowego zasilającego silnik w sposób ciągły benzyną. Ponadto zastosowanie algorytmów zbliżonych w swojej logice do tych, które są wykorzystywane w układach benzynowych, przyczyniło się do obniżenia zarówno zużycia gazu, poziomu emisji toksycznych składników spalin, jak i wzrostu osiągnięć adaptowanych jednostek napędowych.

6.1.1. Reduktor i dystrybutor - zasada działania

LPG w fazie ciekłej dociera ze zbiornika przewodem miedzianym do elektromagnetycznego zaworu odcinającego, umieszczonego tuż na wlocie do reduktora. Otwarcie zaworu odcinającego, w następstwie zgłoszonego przez kierowcę żądania zmiany paliwa zasilającego, następuje dopiero po osiągnięciu przez reduktor temperatury 25°C, umożliwiając pracę jednostki napędowej na gazie.

Rys. 6.3. Przekrój przez dystrybutor paliwa gazowego



Gdy elektrozawór gazowy zostanie otwarty, propan-butan ze zbiornika dopływa przewodem miedzianym do zaworu (przez złącze 1) i po odfiltrowaniu (2) dostaje się do komory (A) reduktora.

Zaworek reduktora (3) jest normalnie otwarty - stan ten wymusza sprężyna (4) za pośrednictwem membran (5 i 6), umożliwiając dopływ propanu-butanu do komory (B), skąd LPG jest kierowany do współosiowych kanałów. Wymuszony konstrukcją reduktora obieg propanu-butanu umożliwia jego odparowanie.

Przed wypływem z reduktora odparowany LPG dostaje się kalibrowanym otworkiem E do komory D, gdzie następuje zrównoważenie siły napięcia sprężyny (4), oddziałującej na tę samą membranę.

Ciśnienie gazu wypływającego z reduktora jest uzależnione nie tylko od siły napięcia sprężyny, ale także od panującego w kolektorze ssącym silnika podciśnienia. W górnej części reduktora znajduje się dodatkowa komora (H), która jest połączona z kolektorem ssącym silnika za pośrednictwem króćca (8).

Gaz wypływający z reduktora przewodem elastycznym dopływa bezpośrednio do rozdzielacza.

Reduktor ETAGAS wyposażono także w płaszcz wodny (I). Ciecz chłodząca, doprowadzana z układu chłodzenia silnika do reduktora za pośrednictwem złączy (9), ma za zadanie umożliwić wymianę ciepła w trakcie rozprężania.

Komorę (B) reduktora wyposażono w zawór bezpieczeństwa (10), eliminujący możliwość nadmiernego przyrostu ciśnienia gazu, spowodowanego ewentualnymi zabrudzeniami. W przypadku przekroczenia przez gaz znajdujący się w komorze (B) wartości ciśnienia równoważnego sile napięcia sprężyny (11) nastąpi otwarcie zaworu (12), co umożliwi wydostanie się gazu z reduktora. Odparowany propan-butan wypływając z reduktora dostaje się do komory (F) rozdzielacza. W sytuacji, gdy zawór (13) napędzany silnikiem krokowym (14) jest otwarty, LPG przepływa dalej do komory (G). Sterowane drugim silnikiem krokowym (17) zawory iglicowe (15 i 16) regulują, stosownie do bieżącego zapotrzebowania silnika, wydatek gazu, który przez króćce (18) dociera do poszczególnych kanałów kolektora ssącego. W kanałach kolektora ssącego mocujemy króćce, do których doprowadzamy wychodzące z rozdzielacza elastyczne przewody gazowe.

Całym układem zasilania zarządza elektroniczne urządzenie sterujące, które - na podstawie sygnałów: potencjometru położenia przepustnicy (TPS), prędkości obrotowej silnika oraz sondy λ - steruje silnikami krokowymi rozdzielacza, zapewniając prawidłową pracę jednostki napędowej na gazie.

6.2. Uwagi dotyczące montażu systemu ETAGAS

6.2.1. Układ hydrauliczny

Połączenia hydrauliczne układu powinny spełniać następujące warunki:

- ✗ przewody miedziane muszą być przed podłączeniem odpowiednio przygotowane i oczyszczone

- ✗ dopuszczalne jest wykorzystywanie jedynie tych przewodów elastycznych, które producent dostarczył w zestawie montażowym

- ✗ rozdzielacz musi być zamontowany jak najbliżej kolektora ssącego, umożliwiając zastosowanie jak najkrótszych przewodów elastycznych dostarczających gaz do kanałów kolektora; spełnienie wspomnianego warunku umożliwia skrócenie czasu napełniania gazem przewodów, zapewniając tym samym szybszą reakcję układu zasilania na zmiany stanów pracy silnika

6.2.2. Instalacja elektryczna

Dla zapewnienia bezpiecznej, skutecznej i sprawnej adaptacji samochodu do zasilania gazem należy stosować się do kilku zaleceń.

1. Przed dokonaniem jakichkolwiek połączeń z instalacją elektryczną należy odłączyć akumulator. Większość stosowanych obecnie urządzeń sterujących ma zaimplementowaną funkcję samoadaptacji. Odłączenie zasilania powoduje wówczas każdorazowo skasowanie zapisanej w urządzeniu granicy adaptacji. Po ponownym podłączeniu zasilania wskazana jest praca silnika na biegu jałowym przez krótki czas, w celu ponownej samoadaptacji (po ok. 2 włączeniach się wentylatora chłodnicy).

2. Wszelkie połączenia z oryginalną instalacją elektryczną pojazdu mogą być realizowane wyłącznie przez zalutowanie.

3. Połączenia muszą być należycie zaizolowane za pomocą taśmy izolacyjnej lub termokurczliwych koszulek.

4. Po podłączeniu symulatora wtryskiwaczy należy wyzerować czas nałożenia się paliw, wykorzystując do tego celu znajdujący się na spodzie symulatora potencjometr. Ustalenie czasu nałożenia odbywa się programowo za pośrednictwem urządzenia sterującego ETAGAS.

5. Wszelkie przewody elektryczne należy prowadzić z dala od przewodów wysokiego napięcia oraz elementów znajdujących się w ruchu.

6. Bezpieczniki należy umiejscowić w sposób widoczny i dostępny dla użytkownika pojazdu.

7. Urządzenie sterujące ETAGAS ma obudowę

hermetyczną. Możliwa jest więc jego zabudowa w komorze silnika. W sytuacji, gdy jest to możliwe, zaleca się montaż urządzenia wewnątrz pojazdu.

Uwagi ogólne

✘ Zasady montażu zbiornika wraz z jego osprzętem oraz przewodów miedzianych pozostają takie same, jak dla klasycznych układów zasilania. Jedynym ważnym elementem jest sposób mocowania zbiornika toroidalnego. Wskazany jest bowiem montaż zbiornika z wielozaworem umiejscowionym w tyle - zwróconym w stronę zderzaka. Rozwiązanie to umożliwia zlikwidowanie ewentualnych problemów poboru gazu ze zbiornika w trakcie przyspieszania.

✘ Reduktor wraz z elektromagnetycznym zaworem odcinającym musi być mocowany pionowo, w sposób zapewniający swobodny dostęp do śruby regulacyjnej.

✘ Reduktor nie może być mocowany do jakichkolwiek elementów znajdujących się w ruchu (w tym także i silnika). Nie można go montować poniżej poziomu minimalnego zbiornika wyrównawczego chłodnicy.

✘ Króćce mosiężne, wkręcane do kolektora, należy umiejscowić jak najbliżej głowicy silnika. Przed nawiercaniem kolektora należy go bezwzględnie zdemontować, w celu uniknięcia potencjalnego uszkodzenia przez opiłki - zaworów lub też innych elementów silnika.

✘ Króciec wkręcony do kolektora nie może zbyt wysoko wystawać poza krawędź wewnętrzną kanału - konieczne jest dopasowanie jego długości stosownie do grubości ścianki kolektora (przez spłócenie lub zeszlifowanie).

✘ W celu zabezpieczenia króćców przed ewen-

tualnym wykręceniem należy przed montażem pokryć część gwintowaną klejem Loctite 270.

✘ Przełącznik rodzaju zasilania należy umiejscowić w sposób zapewniający kierowcy łatwy dostęp oraz odczyt poziomu LPG w zbiorniku.

✘ Rozdzielacz należy zabudować w sposób umożliwiający dostęp do otworu kontrolnego, służącego do weryfikacji ciśnienia.

Uwaga! Króćce montowane w kolektorze mają różne średnice wewnętrzne, dobierane stosownie do adaptowanej jednostki napędowej. Dlatego też, w procesie adaptacji należy stosować zawsze tylko i wyłącznie te króćce, które znajdują się wewnątrz danego zestawu montażowego przeznaczonego dla konkretnego pojazdu.

Sugestie dotyczące montażu

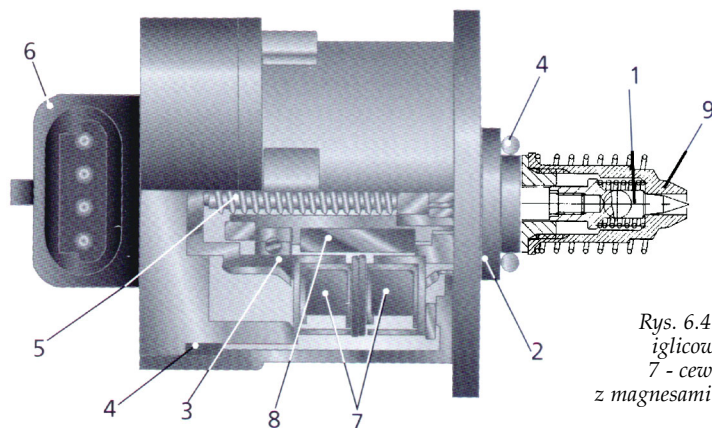
✘ W przypadku zaistnienia konieczności wykonania jakichkolwiek otworów w nadwoziu pojazdu, w celu montażu reduktora i przewodów, wskazane jest po nawierceniu zabezpieczenie ich odpowiednimi środkami antykorozyjnymi.

✘ Należy zapewnić wszystkim przewodom elastycznym możliwość swobodnego odkształcania, aby uniknąć ich zużywania się w wyniku otarcia, czy też rozciągania.

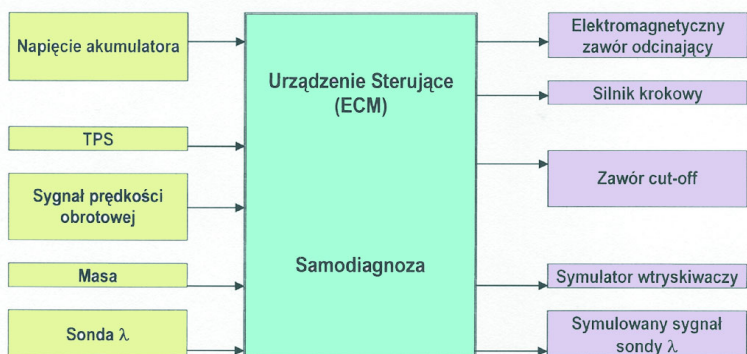
✘ Należy usunąć wszelkie zanieczyszczenia powstałe w procesie montażu.

6.3. Silnik krokowy - budowa i działanie

Silnik krokowy składa się ze stojana wyposażonego w dwie cewki oraz wirnika z magnesami trwałymi. Przez zmiany polaryzacji stojana możliwe jest obracanie się silnika. Osadzone na wałku silni-

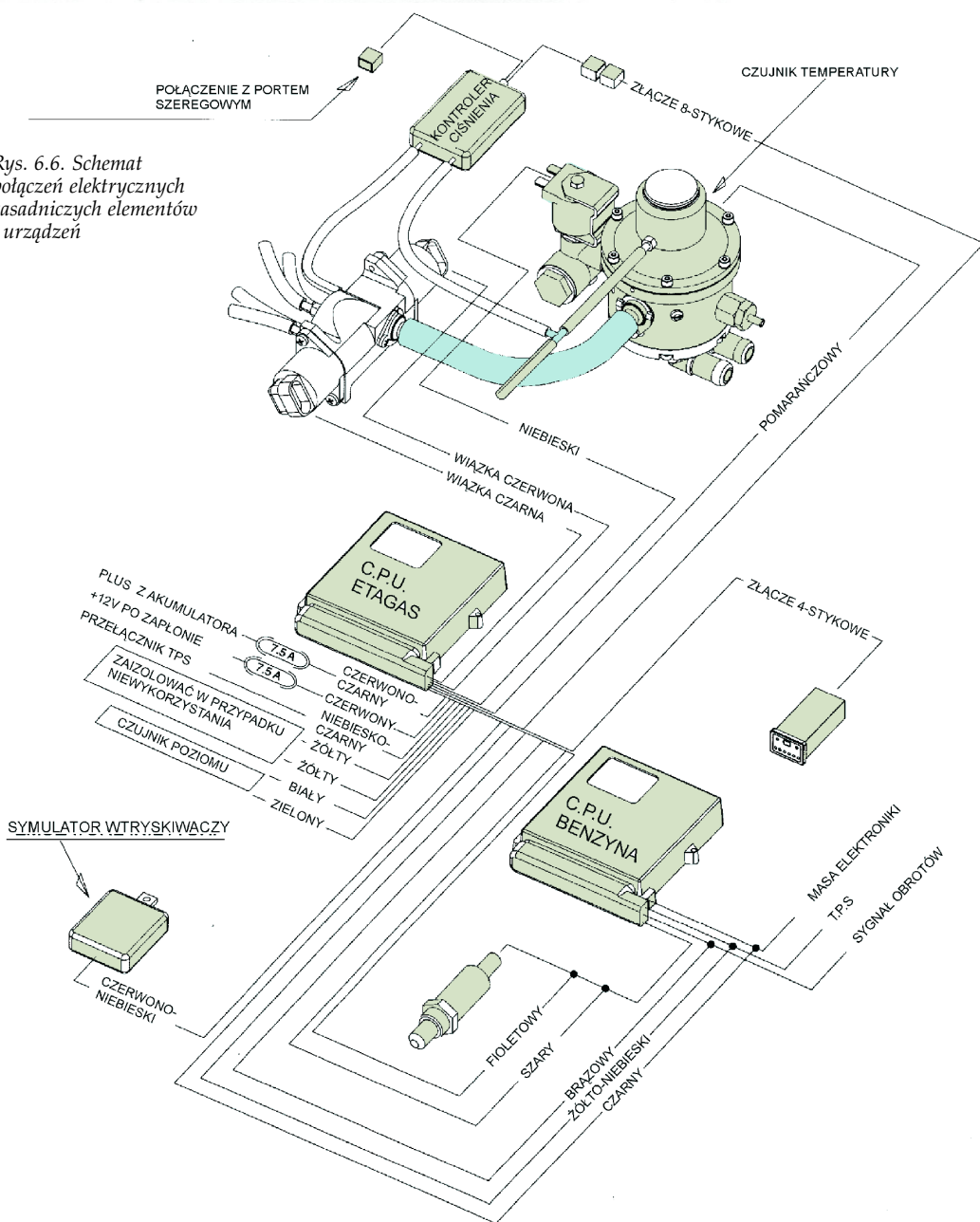


Rys. 6.4. Przekrój silnika krokowego: 1 - zawór iglicowy mały, 6 - złącze, 2 - łożysko przednie, 7 - cewki stojana, 3 - łożysko tylne, 8 - wirnik z magnesami trwałymi, 4 - pierścień uszczelniający, 9 - zawór iglicowy duży, 5 - ślimak



Rys. 6.5. Schemat blokowy układu sterowania

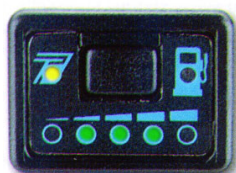
Rys. 6.6. Schemat połączeń elektrycznych zasadniczych elementów i urządzeń



ka zawory iglicowe (1 i 9, rys. 6.4) umożliwiają regulację wypływu gazu z rozdzielacza. Zakres regulacji to 0-510 kroków.

6.4. Uruchamianie silnika oraz zmiana rodzaju paliwa zasilającego

System ETAGAS umożliwia alternatywne zasilanie jednostki napędowej benzyną lub gazem. Wybór paliwa dokonuje się za pośrednictwem przełącznika. System każdorazowo uruchamia silnik na benzynie, w celu zapewnienia prawidłowości pracy wszystkich jego elementów hydraulicznych. Konieczne jest zatem, aby zbiornik paliwa bazowego był zawsze przynajmniej w 1/4 wypełniony benzyną. Informacji o aktualnie wykorzystywanym do zasilania paliwie dostarczają umieszczone na przełączniku diody:



*sygnalizuje
zasilanie gazem*



*sygnalizuje
zasilanie benzyną*

Linijka zielonych diod świecących spełnia rolę wskaźnika poziomu LPG w zbiorniku, podczas gdy dioda czerwona sygnalizuje rezerwę.

Po uruchomieniu silnika żółta dioda miga do momentu przejścia na zasilanie gazowe, po czym zapala się na stałe razem ze wskaźnikiem poziomu gazu.

Zmiana zasilania może następować zarówno przy przyspieszaniu, jak i zwalnianiu, jednak warunkiem zmiany paliwa zasilającego jest osiągnięcie przez reduktor temperatury 25°C.

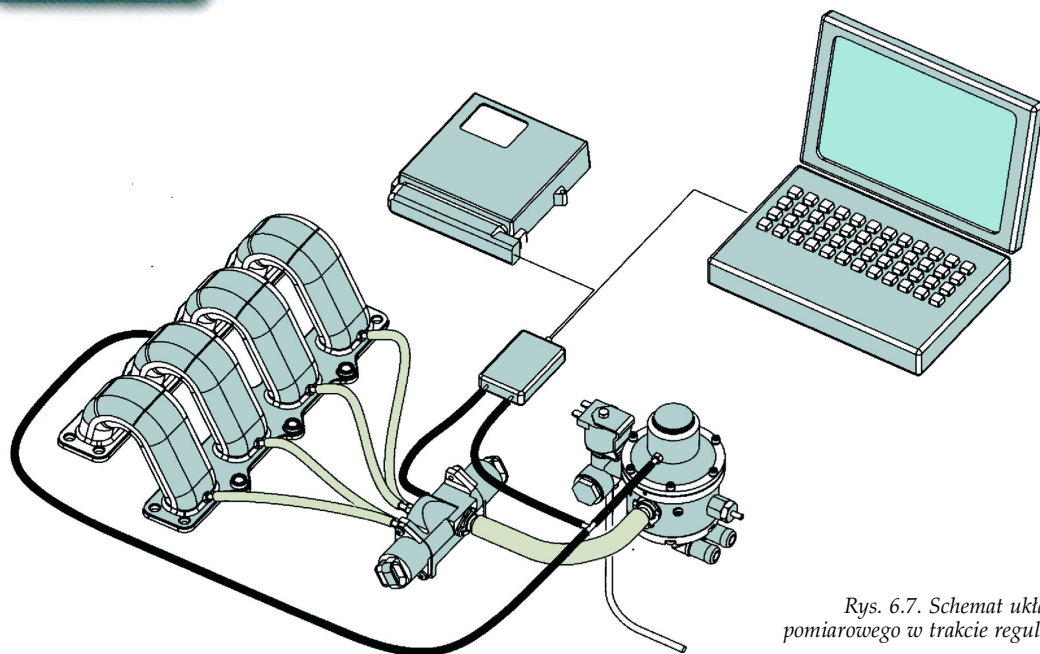
6.5. Układ elektryczny

6.5.1. Urządzenie sterujące

Elektroniczne urządzenie sterujące ETAGAS stanowi układ mikroprocesorowy, który na podstawie dostarczanego do niego sygnału dokonuje wg odpowiednich algorytmów oceny stanu pracy jednostki napędowej i stosownie do niego wysterowuje elementy wykonawcze (silniki krokowe, elektromagnetyczny zawór odcinający, symulatory).

Algorytm urządzenia sterującego ma za zadanie zrealizowanie podstawowych funkcji:

- ✗ zapewnienie stechiometrycznej mieszanki paliwo-powietrznej
- ✗ utrzymanie emisji toksycznych składników w spalinach na poziomie możliwie jak najniższym
- ✗ zapewnienie jak najlepszych osiągnięć jednostki napędowej zasilanej alternatywnie



Rys. 6.7. Schemat układu pomiarowego w trakcie regulacji

✗ uzyskanie możliwie niskiego poziomu zużycia gazu

Schemat blokowy wymiany danych elektronicznego urządzenia sterującego systemem ETAGAS przedstawia rys. 6.5, zaś schemat połączeń elektrycznych tego urządzenia - rys. 6.6.

6.6. Regulacja układu zasilania

Układ zasilania ETAGAS nie wymaga dokonywania specjalnych regulacji, ponieważ charakterystyka urządzenia sterującego zostaje automatycznie zaprogramowana za pośrednictwem komputera klasy PC, w procesie samoadaptacji.

W wyjątkowych przypadkach, obejmujących szczególne pojazdy (wyposażone w pewne charakterystyczne jednostki napędowe), zalecane jest stosowanie - załączonych przez producenta wraz z programem - charakterystyk, zoptymalizowanych

na etapie prób drogowych oraz stanowiskowych.

Schemat układu pomiarowego w procesie regulacji ciśnienia reduktora przedstawia rys. 6.7.

Pierwsze uruchomienie systemu ETAGAS

Po zakończeniu procesu adaptacji oraz zatankowaniu paliwa gazowego:

✗ przełącznikiem dokonać zasygnalizowania zmiany paliwa zasilającego na gazowe oraz uruchomić silnik

✗ poczekać, aż reduktor osiągnie temperaturę 25°C, następnie nacisnąć pedał przyspieszenia, aby umożliwić przejście w tryb zasilania gazem

✗ zweryfikować szczelność wszystkich połączeń przewodów gazowych

✗ przeprowadzić wszystkie procedury regulacyjne oraz wykonać próbę drogową

✗ wypełnić książeczkę gwarancyjną



7. Wtryskowy system zasilania gazem

System zasilania klasycznego, gaźnikowego, będący prekursorem współczesnych układów zasilania, opracowano dla silników gaźnikowych. System ten wytwarzano przez długi czas, gdyż jako jedyny umożliwiał adaptację pojazdów do zasilania alternatywnego lub jednopaliwowego.

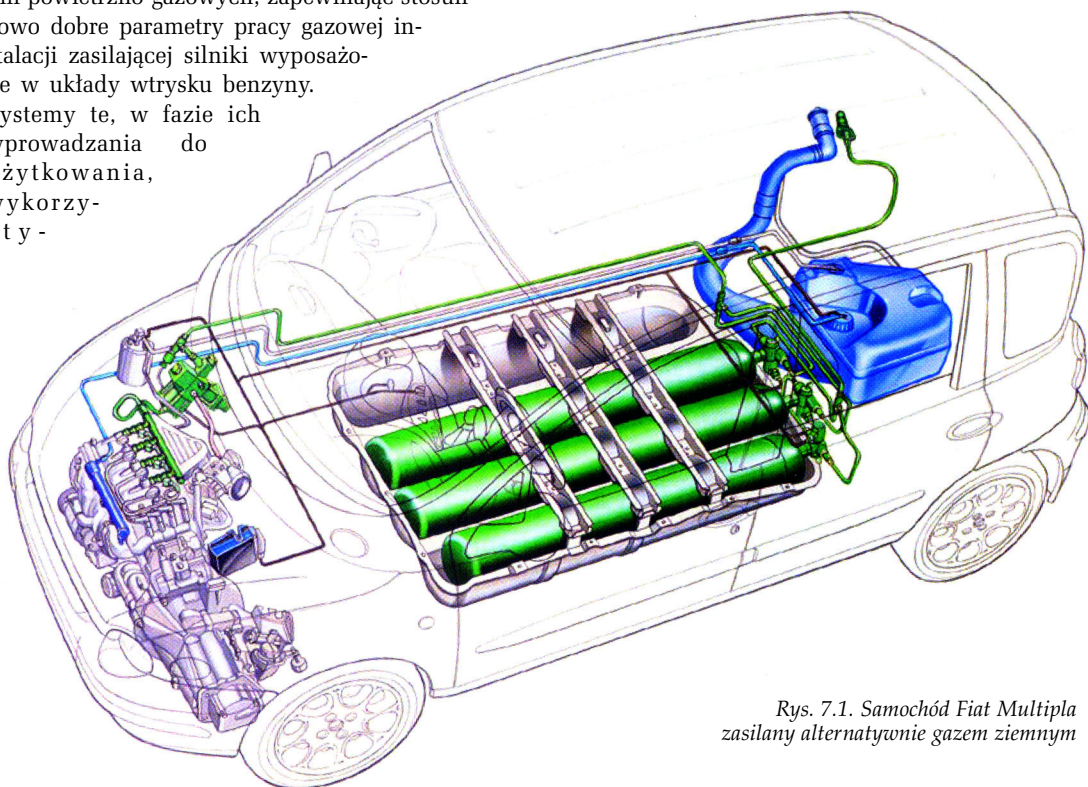
Rozwój konstrukcji układów zasilania, układów dolotowych, a zwłaszcza wymagania, jakie nowoczesne w konstrukcji jednostki napędowe pojazdów samochodowych stawiały w zakresie zapewnienia precyzyjnego dawkowania gazu, zintensyfikowały prace konstrukcyjne nad systemami zasilania tym paliwem. W wyniku prac powstały różnego typu układy korygujące ilość gazu wypływającego z regulatora ciśnienia gazu do mieszalnika. Zastosowanie tych układów w praktyce eksploatacyjnej umożliwiło uzyskanie stechiometrycznych mieszanin powietrzno-gazowych, zapewniając stosunkowo dobre parametry pracy gazowej instalacji zasilającej silniki wyposażone w układy wtrysku benzyny.

Systemy te, w fazie ich wprowadzania do użytkowania, wykorzysty-

sty -

wały bardzo różne rozwiązania układów regulacji składu mieszaniny powietrzno-gazowej. Ostatecznie przyjęto jednak sprawdzony w praktyce układ zamkniętej regulacji (closed loop control). Systemy wykorzystujące układy sprzężenia zwrotnego zakwalifikowano jako systemy zasilania klasycznego, gaźnikowego z regulacją przepływu gazu i obecnie stanowią one podstawowe wyposażenie instalacji zasilających gazem. Praktyka wykazała jednak ograniczone ich możliwości, zwłaszcza w przypadkach pojawiania się coraz bardziej skomplikowanych konstrukcyjnie systemów wtryskowego zasilania wielopunktowego, jak i wprowadzenia nowych tworzyw konstrukcyjnych do wytwarzania silników spalinowych.

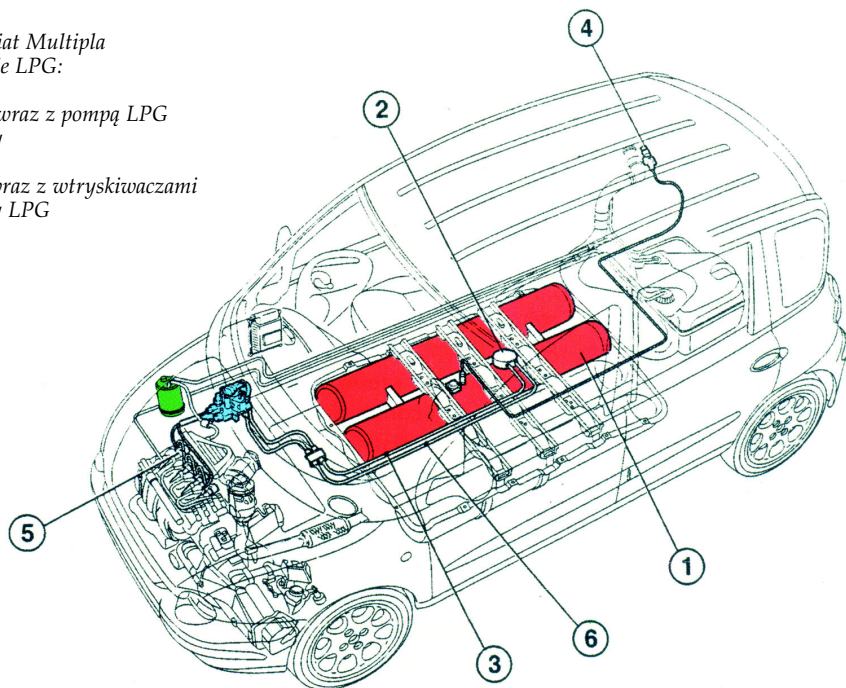
O zasadniczych przeszkodach w wykorzystaniu tych systemów decydują m.in.:



Rys. 7.1. Samochód Fiat Multipla zasilany alternatywnie gazem ziemnym

Rys. 7.2. Samochód Fiat Multipla zasilany alternatywnie LPG:

- 1 - zbiornik LPG
- 2 - osprzęt zbiornika wraz z pompą LPG
- 3 - przewód zasilający
- 4 - wlew paliwa
- 5 - listwa paliwowa wraz z wtryskiwaczami
- 6 - przewód powrotny LPG



✗ mieszalnik, umieszczony w układzie dolotowym, wpływający na znaczne zaburzenia przepływu oraz ograniczenie mocy silnika w wyniku dławienia przepływu

✗ długi czas odpowiedzi w fazie przejściowej pracy silnika, tzn. w czasie przyspieszania brak kompensacji zubożenia mieszanki, a w czasie hamowania silnikiem - wzbogacenie związane z brakiem uzyskania prawidłowego działania funkcji cut-off; w konsekwencji katalizator jest zagrożony nadmierną ilością węglowodorów w czasie hamowania silnikiem i wzrostem temperatury w czasie przyspieszania

✗ zbyt długi czas odpowiedzi urządzeń regulujących przepływ gazu: częstotliwość zmian sygnału sondy lambda jest mniejsza, co pociąga za sobą mniejszą skuteczność katalizatora; na biegu jałowym układ kontroli „closed loop control” nie działa skutecznie, gdyż o przepływie gazu decyduje regulator ciśnienia

✗ konstrukcja układu dolotowego, zaprojektowanego wyłącznie pod kątem zapewnienia optymalnego przepływu powietrza i uzyskania efektu dolałowania dynamicznego. Konstrukcja ta, zazwyczaj o znacznej objętości, wypełniona mieszaniną powietrzno-gazową, sprzyja zjawisku „cofającego się płomienia”, czyli eksplozji wewnątrz układu dolotowego, często występującej w silnikach

dużej mocy. Z chwilą jej wystąpienia wszystkie elementy układu dolotowego są niszczone. Zjawisko to występuje najczęściej w czasie uruchamiania silnika lub przyspieszania.

W celu rozwiązania powyższych problemów opracowano nowe systemy zasilania wykorzystujące różne koncepcje, lecz mające jedną wspólną cechę - brak mieszalnika. Systemy te umożliwiają zasilanie silnika przez nadciśnieniowe zasilanie gazem odparowanym (paliwo jest podawane za pomocą dysz i zaworów jednokierunkowych w sposób ciągły lub przez wtryskiwacze elektromagnetyczne, sekwencyjnie).

Systemy zasilania nadciśnieniowego charakteryzują się m.in.:

✗ wyeliminowaniem wpływu aparatury zasilającej na zjawiska przepływu w układzie dolotowym silnika

✗ znacznie korzystniejszymi parametrami pracy silnika w stanach nieustalonych (przyspieszanie i hamowanie silnikiem) niż systemy gaźnikowe

✗ wyeliminowaniem zjawiska „cofającego się płomienia”

✗ koncepcją wykorzystania do ustalania dawki gazu mapy pamięci określonej dla benzyny lub zastosowaniem prostej strategii kontrolnej

✗ brakiem zarządzania fazą wtrysku

✗ brakiem optymalizacji kąta zapłonu

✗ brakiem możliwości wymiany danych z fabrycznymi systemami sterowania OEM

Systemy te, np. ETAGAS, są stosunkowo proste w instalacji, tym samym czas ich montażu jest krótki. Właściwości dynamiczne samochodu zasilanego gazem są możliwe do zaakceptowania zarówno po zabudowaniu systemu w fazie „after market”, jak i przy przebiegu zerowym. Nie jest jednak możliwe zaakceptowanie tych systemów w aplikacjach OEM, zwłaszcza gdy celem nadrzędnym jest spełnienie wymagań obowiązujących obecnie dyrektyw EWG. Niemniej systemy te są obecne na rynku i warto je krótko scharakteryzować przez porównanie.

Zasadnicze różnice, które dzielą systemy zasilania nadciśnieniowego gazem odparowanym oraz wtrysku gazu ciekłego są następujące:

✗ wtrysk gazu zwiększa moc i moment silnika, zmniejsza również obciążenie ciepłe zaworów

✗ wtrysk gazu ciekłego zapewnia precyzyjne przygotowanie mieszanki, jej kontrolę, a w konsekwencji - poprawę skuteczności katalizatora

✗ gaz odparowany nie może być stosowany, gdy ciśnienie w zbiorniku jest zbyt niskie, co oznacza, że w niskich temperaturach występuje konieczność zmiany zasilania na paliwo bazowe; zjawisko to jest najbardziej uciążliwe w tych krajach, gdzie do zasilania stosuje się butan (np. Korea), eliminując również całkowicie systemy zasilania jednopaliwowego

✗ zasilanie nadciśnieniowe może być wykorzystywane zarówno w przypadku LPG, jak i CNG, a same systemy mają prostą budowę

W celu spełnienia wymagań produktów OEM skonstruowano systemy zasilania wtryskowego, których zasadnicze cechy są następujące:

✗ pełna niezależność systemu sterowania dawką paliwa gazowego, fazą wtrysku, kątem wyprzedzenia zapłonu

✗ wymiana danych pomiędzy urządzeniami sterującymi za pomocą standardowych protokołów CAN

✗ zgodność systemu z wymaganiami standardu OBD

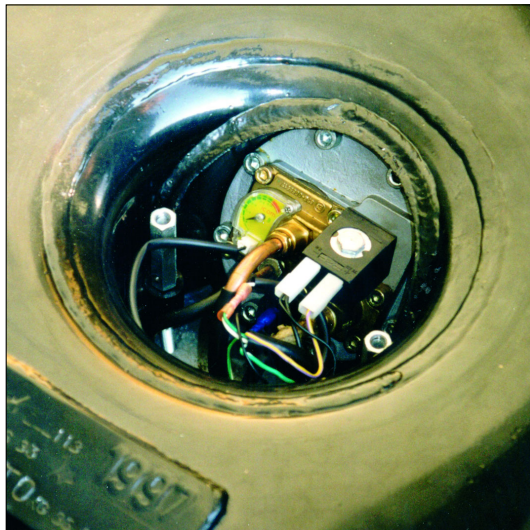
✗ łatwa integracja z elementami i urządzeniami zlokalizowanymi w komorze silnika

✗ elementy systemu mają konstrukcję charakterystyczną dla urządzeń stosowanych w samochodach

✗ zminimalizowana liczba elementów (zasadnicze elementy systemu zlokalizowano w zbiorniku)

7.1. Elementy układu hydraulicznego

✗ Zbiornik cylindryczny lub toroidalny wyposażony w elektryczną pompę zasilającą, wskaźnik paliwa, zawór zwrotny, zawór zasilający, zawór zabezpieczający przed nadmiernym wzrostem ciśnienia (rys. 7.3).



Rys. 7.3. Widok osprzętu zbiornika LPG wyposażonego w elektryczną pompę zasilającą

✗ Przewody wysokociśnieniowe - zasilający i powrotny, łączące zbiornik z listwą zasilającą paliwem wtryskiwacze, umieszczoną w komorze silnika.

✗ Listwa zasilająca oraz dysze zabudowane w kolektorze dolotowym (rys. 7.4).

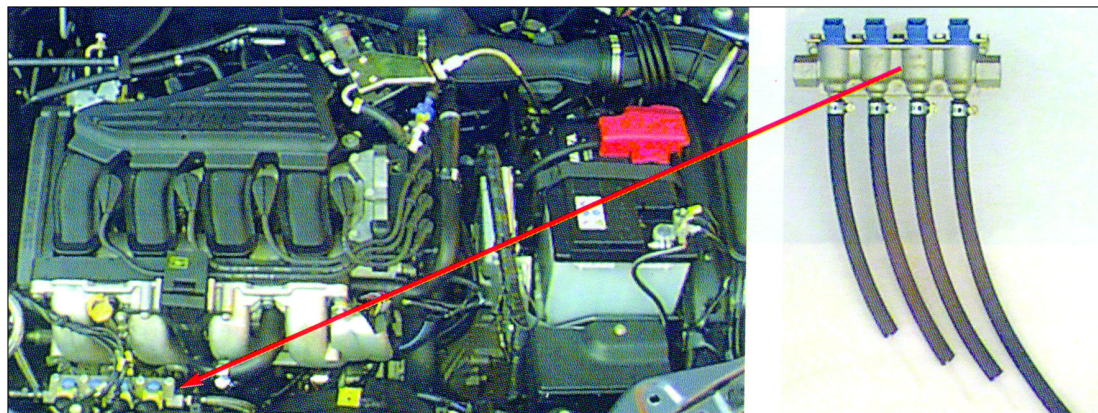
Ciekła mieszanina propan-butan jest tłoczona do listwy wtryskiwaczy, a regulator ciśnienia gazu zapewnia prawidłową różnicę ciśnienia pomiędzy przewodem paliwowym a zbiornikiem.

Różnica ciśnień jest niewielka i wynosi 0,6-0,8 bar. Wtryskiwacze zabudowane w listwie dawkują ciekły gaz w ściśle określonym miejscu. Nadmiar gazu powraca do zbiornika przewodem powrotnym.

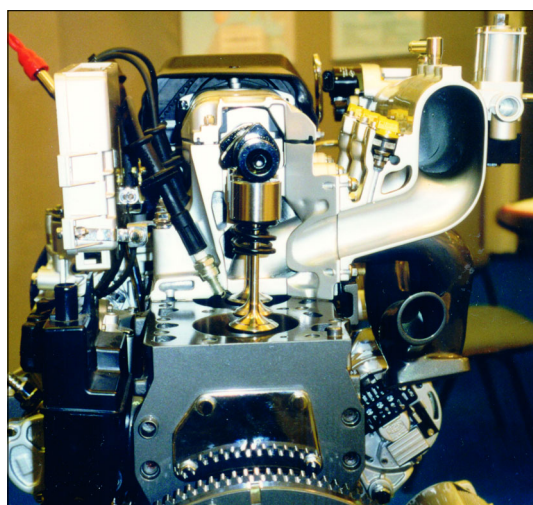
Ponieważ ciśnienie pracy wtryskiwaczy waha się w zakresie od 0,3 do 2,1 MPa (wartość ciśnienia zależy od temperatury i składu gazu), do jego kompensacji służy układ wykorzystujący czujnik ciśnienia zabudowany na przewodzie zasilającym.

Ciśnienie w listwie wtryskiwaczy nie może być niższe niż 0,3 MPa i wyższe od 2,1 MPa, dlatego uwzględnia się konieczność ograniczenia temperatury zbiornika. Najniższa temperatura pracy zbiornika wynosi -15°C dla propanu, najwyższa $+60^{\circ}\text{C}$ (przy mieszaninie o proporcji 50/50).

Bardzo istotnym elementem konstrukcji jest umieszczenie wszystkich urządzeń wewnątrz zbiornika, z wyjątkiem listwy wtryskiwaczy. W konsekwencji zabudowa urządzeń w komorze silnika jest bardzo łatwa, a cały system zgrabnie integruje się w komorze silnika.



Rys. 7.4. Widok listwy zasilającej wraz z wtryskiwaczami zabudowanej w samochodzie Fiat Brava



Rys. 7.5. Przekrój silnika zasilanego wtryskowo gazem ziemnym

7.2. Zasada działania

Dla zapewnienia prawidłowej pracy system musi otrzymać informacje o:

- ✗ prędkości obrotowej silnika
- ✗ aktualnym położeniu wałka rozrządu, czyli fazie rozrządu
- ✗ ciśnieniu absolutnym w kolektorze dolotowym (MAP)
- ✗ zawartości tlenu w spalinach (λ)
- ✗ ciśnieniu gazu ciekłego

Urządzenie sterujące identyfikuje, na podstawie prędkości obrotowej oraz ciśnienia w kolektorze dolotowym, chwilowy punkt pracy silnika i ustala dla niego optymalną ilość paliwa, fazę wtrysku oraz kąt wyprzedzenia zapłonu. Wartości te są wpisane

w mapę pamięci urządzenia sterującego. Ilość paliwa jest przeliczana na czas otwarcia wtryskiwacza z wykorzystaniem funkcji przejścia uwzględniającej charakterystykę wtryskiwacza i ciśnienie gazu. Czujnik fazy umożliwia otwarcie wtryskiwacza w najbardziej optymalnym czasie.

Zmiany obciążenia silnika, tzn. zwiększanie i zmniejszanie jego prędkości obrotowej, są identyfikowane kątem otwarcia przepustnicy i ciśnieniem w kolektorze dolotowym; do prawidłowej interpretacji wykorzystywane są specjalne metody analityczne.

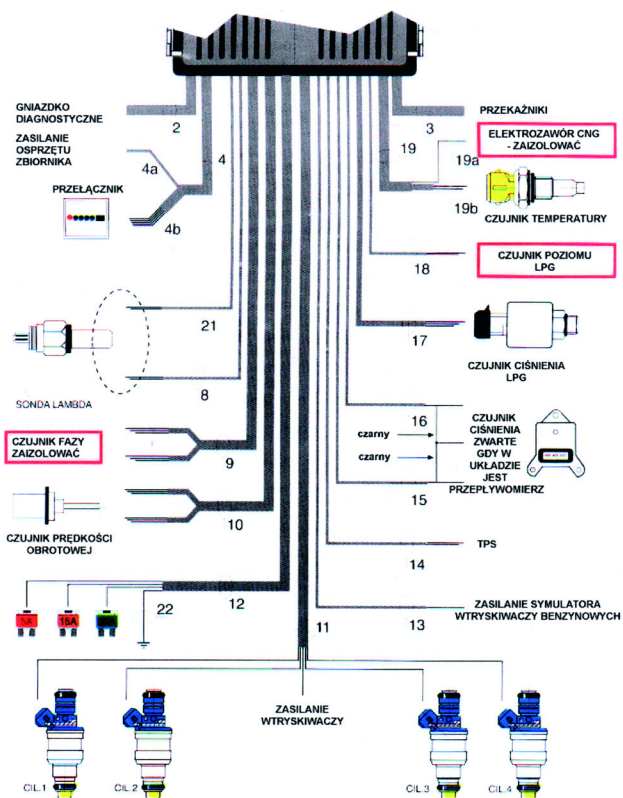
Precyzyjna analiza sygnału sondy lambda umożliwia optymalny przebieg konwersji katalitycznej. Przyjęta strategia „closed loop control” umożliwia właściwy dobór zarówno częstotliwości zmian, jak i kontrolę polaryzacji. Cechy te są bardzo ważne, gdyż odpowiedź sondy lambda jest inna w czasie zasilania gazem. Inna jest również emisja składników toksycznych, głównie HC i NO_x , stąd też kalibracja układu dla strategii „closed loop” w przypadku benzyny nie spełnia wymagań zasilania gazem.

Kąt wyprzedzenia zapłonu jest sterowany w funkcji prędkości obrotowej i fazy.

Funkcje systemu są następujące:

- ✗ zarządzanie dawką paliwa
- ✗ ustalanie fazy wtrysku
- ✗ realizacja funkcji „closed loop”
- ✗ realizacja stanów przejściowych
- ✗ cut off/cut in
- ✗ uruchamianie silnika przy różnych temperaturach
- ✗ zarządzanie kątem wyprzedzenia zapłonu

System skonstruowano tak, aby mógł współpracować z innymi systemami elektronicznego sterowania (CAN). Wykorzystanie wymiany danych



Rys. 7.6. Schemat połączeń elektrycznych systemu zasilania wtryskowego w samochodzie Fiat Brava

Tablica 7. Wyniki pomiarów emisji spalin test ECE-EUDC przy prędkości 80 km/h

	CO g/km	THC g/km	NO _x g/km	CO ₂ g/km
samochód 1 (model 98)				
test 1	0,79	0,11	0,10	190
test 2	0,85	0,12	0,16	193
Średnio	0,82	0,115	0,13	191,5
samochód 2 (model 99)				
test 1	0,40	0,10	0,23	187
test 2	0,39	0,10	0,18	187
test 3	0,51	0,10	0,19	191
Średnio	0,43	0,1	0,2	188,3
Samochód zasilany benzyną (model 99)	1,20	0,17	0,15	210

umożliwia zebranie informacji o pracy silnika, bez konieczności podłączania się do głównych złączy. System kontroli własnej umożliwia prowadzenie określonych strategii diagnostycznych, istotnych dla OBD.

7.3. Wyniki badań samochodów wyposażonych w systemy wtrysku gazu w fazie ciekłej

Badaniom poddano samochód marki Fiat Siena z silnikiem o pojemności 1,6 dm³, w którym po przebiegu 21 700 km zabudowano system zasilania wtryskowego ciekłą mieszaniną LPG. Przeprowadzono je na hamowni podwoziowej, określając:

✗ poziom emisji spalin zgodnie z wymaganiami normy ECE 94/12

✗ moc i moment rozwijanego przez silnik zasilany paliwem bazowym oraz ciekłym LPG

Właściwe oprogramowanie urządzenia sterującego umożliwiło w tym przypadku:

✗ znaczne obniżenie poziomu emisji spalin (uzyskane wyniki nie przekraczają limitów ustalonych normą Euro 3)

✗ nieznaczne obniżenie mocy rozwijanej podczas zasilania LPG w stosunku do tej, którą uzyskano podczas zasilania paliwem bazowym; obniżenie mocy nie przekracza jednak 5,5% i występuje przy prędkościach obrotowych przekraczających 4000 obr/min, spadek momentu obrotowego nie przekracza 4,2%

Podobne badania przeprowadzono dla dwóch samochodów marki Daewoo-Leganza z silnikami o pojemności 2,0 dm³. Uzyskane wyniki pomiarów składników toksycznych w spalinach, przeprowadzonych zgodnie z wymaganiami ECE przy prędkości 80 km/h, przedstawiono w tabl. 22.

Zastosowanie systemu zasilania wtryskowego LPG w fazie ciekłej w samochodzie Fiat Brava/Bravo 1.6 wymaga wprowadzenia kilku istotnych zmian, które zapewniają uzyskanie optymalnych parametrów pracy. Zmiany te obejmują m.in. kolektor dolotowy silnika.

Zastosowanie systemu zasilania wtryskowego w samochodzie Fiat Brava 1.6, w porównaniu z klasycznym czy też nadciśnieniowym systemem zasilania, uprościło układ hydrauliczny, w wyniku znacznego ograniczenia liczby urządzeń i elementów. W konsekwencji jednak skomplikowało połączenia systemu z instalacją elektryczną samochodu. Schemat połączeń, jaki zrealizowano w tym samochodzie przedstawia rys. 7.6.

Podział instalacji zasilających paliwami gazowymi silniki pojazdów samochodowych

Instalacje zasilające silniki paliwami gazowymi można klasyfikować na wiele sposobów, wykorzystując do tego celu kryteria konstrukcyjne, eksploatacyjne, a także i ekonomiczne. Biorąc jednak pod uwagę, że jednym z zasadniczych zadań każdej instalacji jest:			✗ dostarczenie do silnika mieszaniny powietrzno-gazowej w ilości odpowiadającej aktualnemu zapotrzebowaniu ze strony silnika ✗ zapewnienie właściwych proporcji powietrza i paliwa gazowego	uzasadnione jest dokonanie podziału, który uwzględni sposób wytwarzania mieszaniny. Podział ten nie odbiega od tego, który stosujemy dla systemów zasilania paliwami płynnymi
Lp.	Rodzaj systemu	Urządzenia odpowiedzialne za wytworzenie mieszaniny	Sposób regulacji mieszaniny powietrzno gazowej	Zastosowanie
1	Klasyczny (gaźnikowy)	Reduktor regulator i mieszalnik Reduktor regulator i gaźnik gazowy	Regulacja mechaniczna, dwupunktowa - mechaniczne ustalenie minimalnego i maksymalnego wydatku paliwa gazowego Regulacja ciągła w całym zakresie obciążeń polegająca na: ▶ dławieniu przepływu gazu za pomocą zaworu napędzanego silnikiem krokowym ▶ wprowadzaniu dodatkowej ilości powietrza do kolektora dolotowego ▶ oddziaływaniu na membranę komory regulacyjnej przez zmianę różnicy ciśnień ▶ oddziaływaniu na układ mechaniczny zespołu membrana-dźwigienka komory regulacyjnej	Pojazdy zasilane jednopaliwowo i alternatywnie z silnikami ZI oraz zasilane dwupaliwowo jednocześnie z silnikami ZS Pojazdy zasilane jednopaliwowo z silnikami ZI oraz zasilane dwupaliwowo jednocześnie z silnikami ZS Pojazdy zasilane jednopaliwowo i alternatywnie oraz zasilane dwupaliwowo jednocześnie z silnikami ZS
2	Wtryskowe fazy lotnej	Reduktor regulator, którego wydatek jest ustalany na podstawie chwilowej wartości różnicy ciśnień (ciśnienie gazu - ciśnienie w kolektorze dolotowym)	Regulacja ciągła w całym zakresie obciążeń silnika, za pomocą jednego lub kilku silników krokowych sterowanych odpowiednio oprogramowanym elektronicznym urządzeniem sterującym	Pojazdy zasilane alternatywnie z silnikami ZI

	Reduktor regulator i wtryskiwacze elektromagnetyczne	Dawka paliwa gazowego ustalana czasem otwarcia wtryskiwacza lub zespołu wtryskiwaczy, sterowanych odpowiednio oprogramowanym, niezależnym elektronicznym urządzeniem sterującym	Pojazdy zasilane jednopaliwowo, alternatywnie z silnikami ZI oraz dwupaliwowo jednocześnie z silnikami ZS
		Dawka paliwa gazowego ustalana czasem otwarcia wtryskiwacza lub zespołu wtryskiwaczy, sterowanych odpowiednio oprogramowanym, elektronicznym urządzeniem sterującym przełączająco-korygującym	Pojazdy zasilane alternatywnie z silnikami ZI
3	Wtryskowe fazy ciekłej do kolektora dolotowego	Regulator i wtryskiwacze elektromagnetyczne	Pojazdy zasilane jednopaliwowo i alternatywnie z silnikami ZI
		Dawka paliwa gazowego ustalana czasem otwarcia wtryskiwacza lub zespołu wtryskiwaczy, sterowanych odpowiednio oprogramowanym, elektronicznym urządzeniem sterującym przełączająco-korygującym	Pojazdy zasilane alternatywnie z silnikami ZI
4	Wtryskowe fazy ciekłej bezpośredniej do cylindra	Pompa np. hydrauliczna wtryskiwacze dwudrożne, gazu oraz oleju napędowego	Pojazdy zasilane dwupaliwowo z silnikami ZS
		Dawka paliwa gazowego i dawka inicjująca oleju napędowego ustalana czasem otwarcia zespołu wtryskiwaczy, sterowanych odpowiednio oprogramowanym elektronicznym urządzeniem sterującym	

Typowe niedomagania reduktora-regulatora ciśnienia

Lp. Objawy	Przyczyny	Czynności weryfikacyjne	Środki zaradcze	Uwagi
1	Brak wzbogacenia mieszaniny przy uruchamianiu silnika zawór wzbogacający nie działa	Włącz zapłon, naciśnij włącznik wzbogacania i za pomocą woltomierza sprawdź zasilanie elektrozaworu	Zastosuj dodatkowy przewód masowy łączący reduktor z masą samochodu	
	Zwarcie lub przerwa w obwodzie cewki	Przy wyłączonym zapłonie podłącz końcówki omomierza z zaciskiem zasilającym cewki. Powinno się uzyskać oporność od 10 do 14 Ω	Wymień cewkę, jeżeli wystąpiło zwarcie lub przerwa w jej obwodzie	
	Uszkodzony przełącznik zmiany rodzaju zasilania	Włącz zapłon, naciśnij włącznik wzbogacania i za pomocą woltomierza sprawdź zasilanie cewki	Wymień przełącznik	
2	Brak wzbogacenia mieszaniny przy uruchamianiu silnika -zawór wzbogacający działa	Zwiększona odległość pomiędzy suwakiem elektrozaworu a dźwigenką Odklejenie się grzybka suwaka lub zanieczyszczone kanały przepływowe gazu	Sprawdź położenie dźwgienki komory 2. stopnia redukcji Zdemontuj elektrozawór i sprawdź stan zaworu i kanałów	Jeżeli położenie to nie jest zgodne z zaleceniami fabrycznymi, wykonaj zalecane w instrukcji czynności regulacyjne Wymień suwak lub grzybek, oczyść kanały przepływowe Reduktory firm: Tartarini, Lovato, Zavoli Reduktory firm: BRC, AG Holland
3	Zbyt mała ilość gazu wypływającego z reduktora w czasie działania urządzenia wzbogacającego	Przyczyny uzależnione są od konstrukcji reduktora: - zwiększenie odległości pomiędzy suwakiem a dźwigenką 2. stopnia - odklejenie się grzybka suwaka - zanieczyszczone kanały przepływowe gazu	Włącz zapłon i naciśnij przełącznik wzbogacania, obserwując wydatek gazu wypływającego z reduktora	Reduktory firm: Tartarini, Lovato, Zavoli Wymień suwak lub grzybek, oczyść kanały przepływowe Reduktory firm: BRC, AG Holland

4	Zawór odcinający wypływ z reduktora nie otwiera się	Brak zasilania • Uszkodzona cewka elektrozaworu • Odklejony grzybek suwaka elektrozaworu	Sprawdź, czy elektrozawór otworzy się, gdy bezpośrednio zasiliysz go napięciem 12 V. Sprawdź ciągłość obwodu cewki. Sprawdź połączenie z masą, maksymalna oporność 0,5 Ω. Sprawdź stan grzybka suwaka oraz czystość elektrozaworu	Wymień cewkę lub kompletny elektrozawór. Gdy stwierdzisz brak właściwej masy, wykonaj dodatkowe połączenie elektrozaworu z masą pojazdu	Dopuszczalne poziomy emisji są określone w danych regulacyjnych każdego silnika Dla większości reduktorów ciśnienie to zawiera się w przedziale 0,6 ÷ 0,7 bara
5	Zbyt duży wypływ gazu z reduktora podczas pracy silnika na biegu jałowym	Nieprawidłowa regulacja Zbyt wysokie ciśnienie w 1. stopniu redukcji	Sprawdź poziom emisji, CO i HC Sprawdź ciśnienie w 1. stopniu redukcji	Przeprowadź regulację za pomocą śruby regulującej wydatek reduktora Wymień reduktor, jeśli ciśnienie 1. stopnia redukcji jest wyższe od zalecanego przez producenta	
6	Wyciek gazu z komory 2. stopnia redukcji. Niestabilna praca reduktora, wahania prędkości biegu jałowego, zmieniająca się zawartość, CO i HC w spalinach silnika	Zanieczyszczenie komory 2. stopnia. Uszkodzenie elementów komory 2. stopnia Niewłaściwa regulacja ilości gazu wypływającego z reduktora. Zbyt mocno wkręcona śruba regulacyjna wypływu z reduktora	Przeprowadź kontrolę reduktora. Przeprowadź standardową regulację, sprawdzając poziom emisji, CO i HC	Zdemontuj reduktor i przeprowadź pełną weryfikację zalecaną przez producenta. Zdemontuj reduktor, jeśli regulacja nie pozwala na uzyskania pozytywnego wyniku. Przeprowadź zalecaną przez producenta weryfikację reduktora	
7	Zbyt mała wydajność reduktora	Niewłaściwie dobrany reduktor do pojemności silnika Zbyt niskie ciśnienie w komorze 1. stopnia	Sprawdź, czy zabudowany w samochodzie reduktor ma wystarczającą wydajność Zastosuj wymagane przez producenta procedury kontrolne	Wymień reduktor, jeśli jego wydatek nie jest wystarczający dla danego silnika Wymień niezbędne elementy komory 1. stopnia decydujące o wartości ciśnienia	Dla większości reduktorów, przy zamkniętym wypływie ciśnienie to zawiera się w przedziale 0,6 ÷ 0,7 bara, natomiast przy otwartym wypływie nie powinno być niższe od 0,5 bara

Literatura

- [1] J. Jakóbiec, G. Wysopal: Ocena jakościowo-energetyczna autogazu. Rynek gazowy, maj 1999
- [2] M. Flekiewicz: Cykl artykułów na temat elementów i urządzeń gazowych instalacji zasilających. Rynek gazowy od 1997 do 2002.
- [3] M. Dykier, M. Flekiewicz: Opracowania na konferencje „Silniki gazowe”, „Pojazd a środowisko”, „Zasilanie pojazdów paliwami gazowymi” itd.
- [4] M. Flekiewicz: Cykl artykułów na temat wymagań dotyczących pojazdów zasilanych paliwami gazowymi i Stacji Kontroli Pojazdów opublikowanych w materiałach konferencyjnych „Diagnostyka pojazdów samochodowych” w latach 1996-2002.
- [5] Materiały techniczne firmy Tartarini Auto.
- [6] Opracowania techniczne firmy Bosch
- [7] Opracowania Biura Technicznego firmy AUTO GAZ ŚLĄSK Sp. z o.o.