

Moduł 5

Układy zasilania silników o zapłonie iskrowym

1. Gaźnikowe systemy zasilania silników ZI
2. Wtrysk benzyny
3. SPI – jednopunktowy wtrysk paliwa
4. MPI – wielopunktowy wtrysk paliwa
5. GDI – wtrysk bezpośredni
6. Części składowe układu wtryskowego benzyny
7. Układ zasilania gazem LPG

W tym module zostaną przedstawione zagadnienia dotyczące konstrukcji układów zasilania silników z zapłonem iskrowym. Ponadto zostanie omówiona budowa i funkcjonowanie podzespołów układów gaźnikowych oraz wtryskowych.

W silnikach z zapłonem iskrowym występują dwa podstawowe rodzaje zasilania:

- gaźnikowe systemy zasilania,
- wtryskowe systemy zasilania.

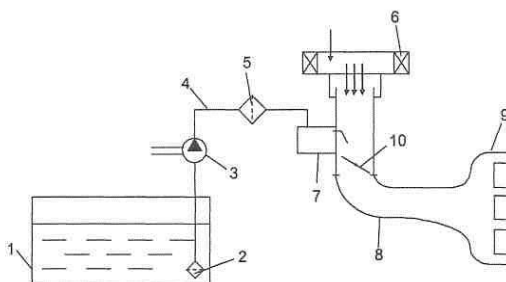
1. Gaźnikowe systemy zasilania silników ZI

Zasilanie gaźnikowe jest stosowane w silnikach i pojazdach starszych generacji. Układ zasilania gaźnikowego składa się z głównych elementów przedstawionych na rys. 5.1. W układzie tym paliwo ze zbiornika (1) jest tłoczone przewodem (4) za pomocą pompy (3) do gaźnika (7). Za pomocą siatkowego filtra (2) i filtra dokładnego oczyszczania (5) paliwo jest oczyszczane z zanieczyszczeń stałych. Powietrze, oczyszczone uprzednio w filtrze (6), dopływa do gaźnika dzięki zasaniu przez silnik lub jest tłoczone przez zasilającą sprężarkę. W gardzieli gaźnika paliwo jest wysysane przez przepływające powietrze i powstaje mieszanka, która przez rurę ssącą (8) i przewody kolektora dolotowego (9) dopływa do poszczególnych cylindrów. Ogólną ilość mieszanki dostarczanej do silnika można regulować przepustnicą (10). Zasadniczym urządzeniem dawkującym paliwo i ułatwiającym wymieszanie go z powietrzem jest **gaźnik**. Jego konstrukcja powinna zapewnić właściwy skład mieszanki w zależności od warunków pracy silnika, łatwy rozruch zimnego silnika, prawidłową pracę na biegu jałowym, szybki chwilowy wzrost mocy silnika w czasie gwałtownego przyspieszania, optymalne zużycie paliwa oraz minimalną toksyczność spalin. Najprostszy gaźnik, zwany elementarnym, składa się z następujących głównych elementów:

- komory pływakowej z pływakiem i zaworem odcinającym,
- dyszy i rozpylacza,
- gardzieli,
- przepustnicy.

Rys. 5.1. Schemat gaźnikowego układu zasilania.

1 - zbiornik paliwa, 2 - siatkowy filtr wstępnego oczyszczania, 3 - pompa paliwa, 4 - przewód paliwa, 5 - filtr dokładnego oczyszczania paliwa, 6 - filtr powietrza, 7 - gaźnik, 8 - rura ssąca, 9 - kolektor dolotowy, 10 - przepustnica.



Źródło: Baczewski. K., Kałdonski T., *Paliwa do silników o zapłonie iskrowym*, WKiŁ, Warszawa 2005

Taki elementarny gaźnik nie zapewnia realizacji wszystkich stawianych mu zadań podczas pracy silnika, dlatego musi być wyposażony w następujące urządzenia dodatkowe:

- rozruchu i nagrzewania zimnego silnika,

- zasilania i pracy na biegu jałowym,
- przyspieszania,
- oszczędzacza (ekonomizera).

Gaźniki w takiej wersji były ciągle udoskonalane, ale granice ich możliwości zostały osiągnięte w końcu lat siedemdziesiątych ubiegłego wieku, gdy wzrosły wymagania dotyczące małego zużycia paliwa przez silnik i coraz mniejszej toksyczności spalin. W tym okresie nastąpił proces elektronizacji gaźnika – gaźnik oparty na działaniu układów mechanicznych został wyposażony w dodatkowe układy i w elektroniczne sterowanie, co umożliwiło jego współpracę z układem katalitycznego oczyszczania spalin. **Gaźnik elektroniczny**, w odróżnieniu od konwencjonalnego, jest wyposażony w dodatkowe urządzenia i układy, tj.:

- układ dodatkowej mieszanki na biegu jałowym, którego zadaniem jest zapewnienie stałego składu mieszanki niezależnie od prędkości obrotowej; w rezultacie zostaje ograniczona emisja CO,
- układ utrzymujący skład mieszanki bliski stechiometrycznemu,
- układ kompensujący wtryskiwaną dawkę paliwa w czasie przyspieszania zależnie od temperatury silnika,
- urządzenie zmniejszające prędkość zamknięcia przepustnicy podczas hamowania silnikiem, co zapobiega chwilowemu wzbogaceniu mieszanki, a tym samym zmniejsza emisję HC,
- urządzenie odcinające dopływ paliwa do gaźnika przy zamkniętej przepustnicy i prędkościach obrotowych większych niż prędkość biegu jałowego (jazda z góry).

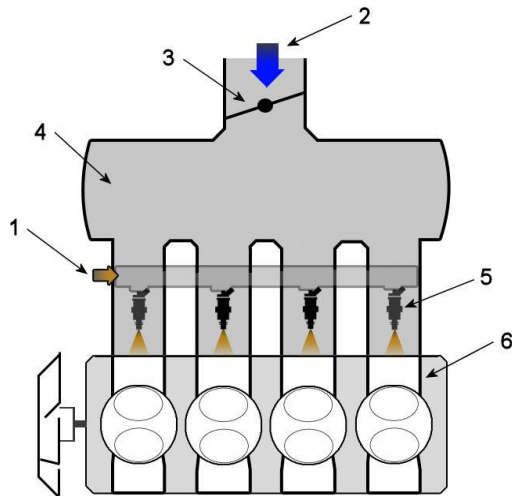
Gaźniki elektroniczne są tańsze w produkcji od układów wtryskowych i pozwalają na spełnienie mniej wymagających norm toksyczności spalin. W związku z aktualnymi poziomami normy EURO 5 nie są stosowane i wyszły już z użycia.

2. Wtrysk benzyny

Coraz ostrzejsze ograniczenia emisji spalin w technice samochodowej spowodowały dominację silników zasilanych wtryskiem benzyny. Nadal przeważają układy tworzące mieszankę poza komorą spalania (wtrysk pośredni – SPI i MPI). Układy tworzące mieszankę wewnątrz komory spalania, czyli układy bezpośredniego wtrysku benzyny (GDI – Gasoline Direct Injection) zyskują na znaczeniu, ponieważ charakteryzują się znacznym zmniejszeniem zużycia paliwa.. Współcześnie mają znaczenie tylko elektronicznie sterowane układy wielopunktowego wtrysku benzyny (MPI) wyposażone w indywidualne wtryskiwacze każdego cylindra. Zespół wielopunktowego wtrysku pośredniego ma po jednym wtryskiwaczu na każdy cylinder silnika (MPI – Multi Point Injection); paliwo jest wtryskiwane przed zaworem dolotowym (rys. 5.2.). Zespoły wielopunktowego wtrysku pośredniego mają realne szanse nadal spełniać wymagania dotyczące układu przygotowania mieszanki.

Rys. 5.2. Schemat działania wielopunktowego wtrysku paliwa MPI:

1 – dopływ paliwa, 2 – dolot powietrza, 3 – przepustnica, 4 – kolektor dolotowy powietrza, 5 – wtryskiwacze paliwa, 6 – silnik ZI, Ust – napięcie sterujące otwarciem wtryskiwaczy



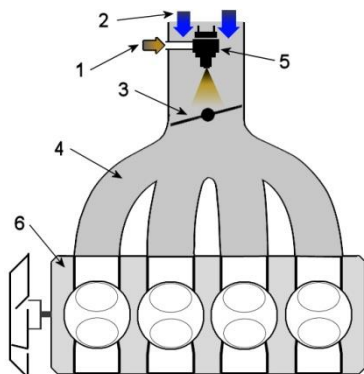
Źródło: <http://forum.opel24.com/topic/26471-co-to-jest-i-do-czego-sluzy/>

Układ K-Jetronic jest mechanicznym układem pośredniego wtrysku benzyny bez napędu obcego i wtryskuje paliwo w sposób ciągły. W tym układzie wprowadzanie paliwo jest dostarczane przez wtryskiwacze, lecz jego ilość dokładnie odmierza urządzenie wtryskowe – regulator składu mieszanki. Układ KE-Jetronic skonstruowano na podstawie mechanicznego układu wtryskowego K-Jetronic, który wyposażono w elektroniczne sterowanie. Dzięki elektronicznemu przetwarzaniu danych układ ten realizuje dodatkowe funkcje, które umożliwiają dokładniejsze dostosowanie ilości wtryskiwanego paliwa do zmiennych chwilowych warunków pracy silnika. Elektronicznie sterowane układy pośredniego wtrysku benzyny dostarczają paliwo porcjami za pomocą elektromagnetycznych wtryskiwaczy. Ilość wtryskiwanego paliwa jest ustalana czasem otwarcia wtryskiwacza (przy znanym ciśnieniu paliwa w obwodzie przed wtryskiwaczem).

Przykłady: układy L-Jetronic, LH-Jetronic oraz zintegrowany system sterowania silnika Motronic (M i ME). Układ wtryskowy zwany jednopunktowym lub centralnym (SPI – Single Point Injection) jest sterowany elektronicznie. Ma on zespół wtryskowy zawierający elektromagnetyczny wtryskiwacz paliwa w centralnym miejscu przed przepustnicą i dawkuje paliwo porcjami do kolektora dolotowego (rys. 5.3). Układy SPI firmy Bosch są oznaczone jako Mono-Jetronic (wtrysk niezintegrowany z układem zapłonowym) lub Mono-Motronic (wtrysk zintegrowany z układem zapłonowym). W układach wielopunktowego bezpośredniego wtrysku benzyny paliwo jest wtryskiwane do komory spalania przez elektromagnetyczne wtryskiwacze sterowane elektronicznie. Każdy cylinder ma indywidualny wtryskiwacz (rys. 5.4), a tworzenie mieszanki odbywa się wewnątrz komory spalania. Podczas pracy na mieszance jednorodnej, podobnie jak przy zewnętrznym tworzeniu mieszanki, istnieje ona w całej przestrzeni komory spalania; cała ilość powietrza w przestrzeni roboczej bierze udział w procesie spalania. Ten tryb pracy stosuje się przy dużym zapotrzebowaniu momentu obrotowego. W trybie pracy na mieszance uwarstwionej tylko w otoczeniu świecy zapłonowej mieszanka jest palna, a w pozostałej części komory spalania znajduje się świeże powietrze i resztki spalin (nie ma niespalonego paliwa). Ten tryb pracy stosuje się na biegu jałowym oraz przy częściowym obciążeniu i wówczas ogólny współczynnik nadmiaru powietrza jest bardzo duży

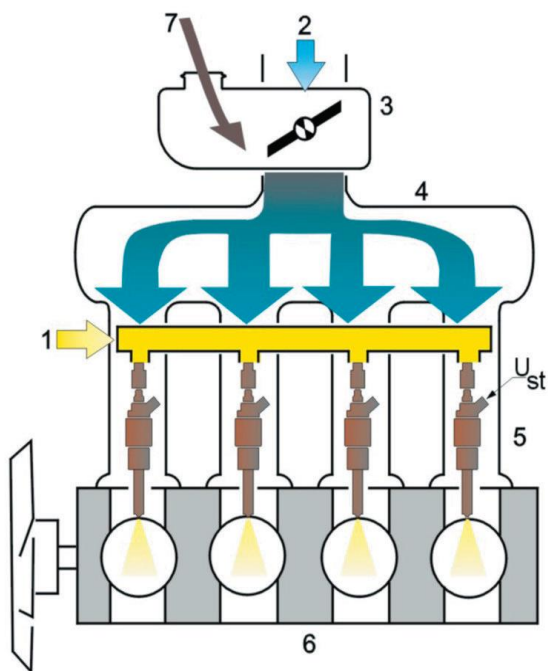
(przy zróżnicowaniu lokalnej wartości współczynnika 1). Powoduje to znaczne zmniejszenie zużycia paliwa. Do sterowania wtryskiem bezpośrednim używa się sterowników Motronic MED.

Rys. 5.3. Schemat działania jednopunktowego wtrysku paliwa SPI:1 - dopływ paliwa, 2 - dół powietrza, 3 - przepustnica, 4 - kolektor dolotowy, 5 - wtryskiwacz paliwa, 6 - silnik ZI, Ust - napięcie sterujące otwarciem wtryskiwaczy.



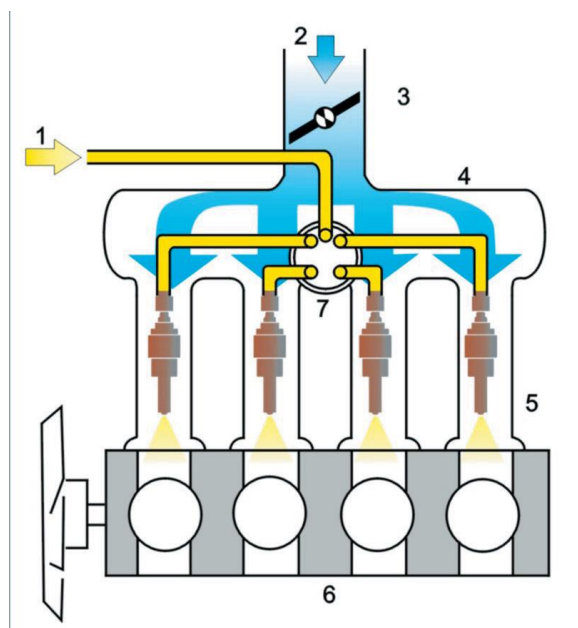
Źródło: <http://forum.opel24.com/topic/26471-co-to-jest-i-do-czego-sluzy/>

Rys. 5.4. Schemat działania bezpośredniego wielopunktowego wtrysku benzyny GDI 1 - dopływ paliwa, 2 - dół powietrza, 3 - przepustnica, 4 - kolektor dolotowy powietrza, 5 - wtryskiwacz paliwa, 6 - silnik ZI, 7 - recyrkulacja spalin, Ust - napięcie sterujące otwarciem wtryskiwaczy.



Źródło: Autodiagnostyka – poradnik serwisowy.

Rys. 5.5. Schemat działania mechanicznego wielopunktowego, ciągłego wtrysku paliwa: 1 - dopływ paliwa, 2 - dolot powietrza, 3 - przepustnica, 4 - kolektor dolotowy powietrza, 5 - wtryskiwacz paliwa, 6 - silnik ZI, 7 - rozdzielacz paliwa.

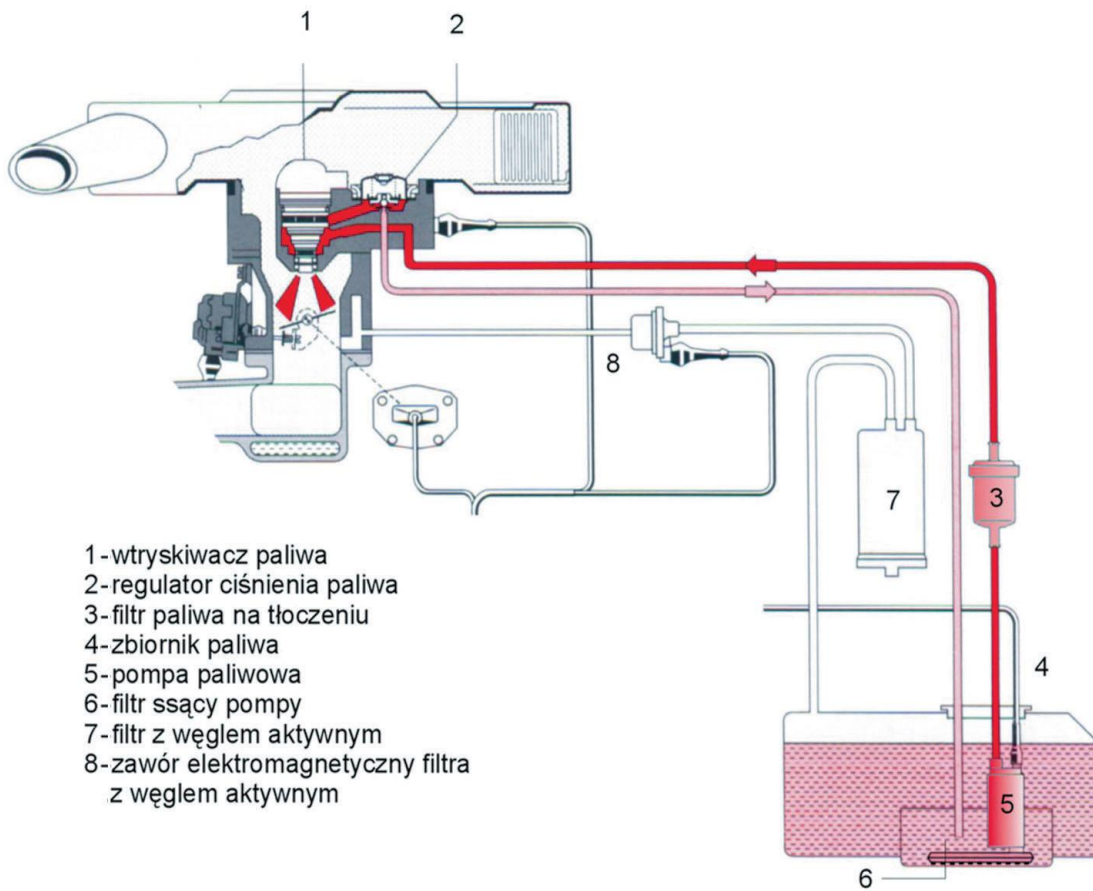


Źródło: Autodiagnostyka – poradnik serwisowy.

3. SPI – jednopunktowy wtrysk paliwa

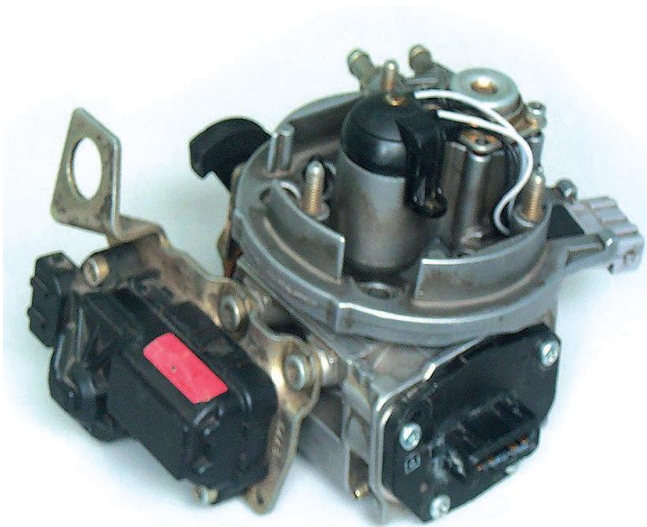
Jednopunktowy wtrysk paliwa (rys. 5.7.) należy do najprostszych i dlatego opracowano wiele jego rozwiązań. Parametry tego układu mogły być niższe, a podzespoły dzięki temu po prostu tańsze. W układach jednopunktowego wtrysku ciśnienie paliwa wynosi najczęściej 0,1 MPa i jest stabilizowane z dość dużą dokładnością, nawet 0,003 MPa. Było to konieczne zwłaszcza w systemach otwartych, tzn. bez sondy lambda. Paliwo podawane jest ze zbiornika paliwa za pomocą pompy paliwa przez filtr ssący i dalej filtr na tłoczeniu do tzw. zespołu wtryskiwacza. Jednopunktowy układ wtryskowy posiada jeden elektronicznie sterowany wtryskiwacz. Jest on zamontowany na kolektorze dolotowym silnika, centralnie w stosunku do cylindrów, bezpośrednio nad przepustnicą we wspólnej z nią obudowie i stanowi wraz z nią zespół wtryskowy. Kolektor dolotowy przejmuje rolę rozdzielacza mieszanki palnej do poszczególnych cylindrów. W systemach wtryskowych paliwa jednopunktowych SPI podzespół formujący mieszankę paliwowo-powietrzną nosi nazwę zespół wtryskowy. Zespół ten składa się z dwu innych, mianowicie: zespołu wtryskiwacza i zespołu przepustnicy. Typowe przykłady zespołów wtryskiwaczy systemów SPI przedstawiono na rys. 5.8 i 5.9.

Rys. 5.7. Układ paliwowy jednopunktowego wtrysku paliwa SPI typu Mono-Jetronic.



Źródło: Autodiagnostyka – poradnik serwisowy.

Rys. 5.8. Zespół wtryskiwacza typu Mono-Jetronic.



Źródło: Autodiagnostyka – poradnik serwisowy.

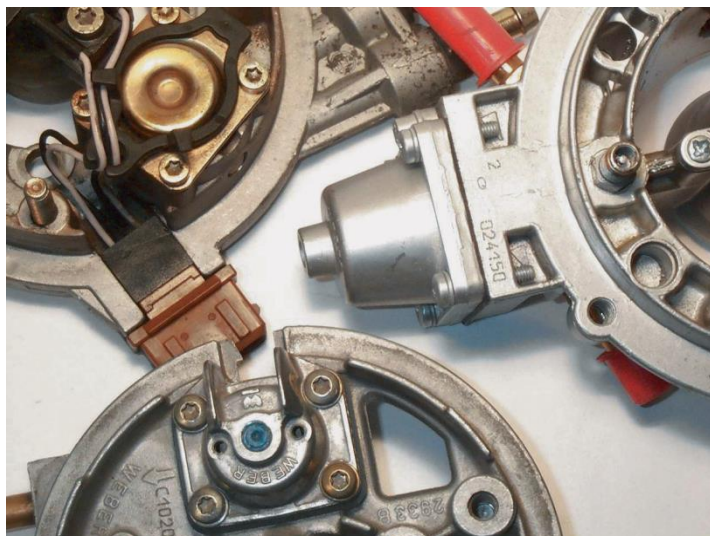
Rys. 5.9. Zespół wtryskiwacza stosowany w pojazdach marki Ford firmy Weber.



Źródło: Autodiagnostyka – poradnik serwisowy.

Zasadniczym elementem konstrukcyjnym zespołu wtryskiwacza jest wtryskiwacz paliwa sterowany impulsami elektrycznymi ze sterownika systemu. Ze względu na konieczność uzyskania bardzo małych dawek paliwa przy pracy ciepłego silnika na biegu jałowym oraz maksymalnych dawek dla w pełni obciążonego silnika, gdy jest on jeszcze zimny, czasy otwarcia muszą być od minimalnych (od ok. 0,8 ms) do praktycznie ciągłego otwarcia przy dużym zapotrzebowaniu na dawkę paliwa. Krótkie czasy otwarcia wymagają dużych prądów płynących w uzwojeniu elektromagnesu wtryskiwacza. Wymusiło to zmniejszenie rezystancji uzwojeń do ok. $1\div 1,5 \Omega$. Aby nie przegrzewać uzwojeń wtryskiwacza stosuje się ograniczenie prądu, gdy czasy otwarcia są dłuższe niż 1 ms lub stosuje się w szereg z uzwojeniem wtryskiwacza rezystory o wartości ok. 3Ω . Dodatkowym sposobem ograniczenia nagrzewania się wtryskiwacza jest chłodzenie go całym strumieniem pompowanego paliwa do zespołu wtryskowego. Paliwo dopiero po omyciu (schłodzeniu) uzwojeń kierowane jest do regulatora ciśnienia paliwa. Zadaniem regulatora ciśnienia paliwa jest stabilizacja jego ciśnienia na stałym poziomie, niezależnym od napięcia zasilania pompy paliwa, jej stanu technicznego i różnic w drożności filtrów paliwa, bez względu na wielkość aktualnie wtryskiwanej dawki paliwa. Ponieważ wtrysk paliwa odbywa się do obszaru, w którym panuje ciśnienie otoczenia, czyli ciśnienie atmosferyczne (chyba, że filtr powietrza staje się coraz mniej drożny), to nie ma potrzeby korygowania ciśnienia paliwa wartością podciśnienia w kolektorze dolotowym. Regulator ciśnienia ma prostą budowę, niekiedy wyposażony jest we wkręt umożliwiający korektę ciśnienia paliwa. Zazwyczaj wkręt jest w jakiś sposób zabezpieczony przed niepotrzebną ingerencją. Typowe regulatory ciśnienia paliwa systemów SPI przedstawiono na rys. 5.10, natomiast typowe przykłady wtryskiwaczy ww. zespołów przedstawia rys. 5.11.

Rys. 5.10. Przykłady regulatorów ciśnienia paliwa zabudowanych w zespołach wtryskiwaczy. W lewym górnym narożniku – regulator ciśnienia paliwa w zespole wtryskiwacza systemu Mono-Jetronic firmy Bosch, w prawym – rozwiązanie stosowane w pojazdach marki Ford, a w dolnej części – stosowane w pojazdach marki Fiat, Peugeot i innych, firmy Weber.



Źródło: Autodiagnostyka – poradnik serwisowy.

Rys. 5.11. Wtryskiwacze systemów SPI. W lewej części znajduje się wtryskiwacz firmy Delco, w środku firmy Weber, w prawej – wtryskiwacz firmy Bosch.



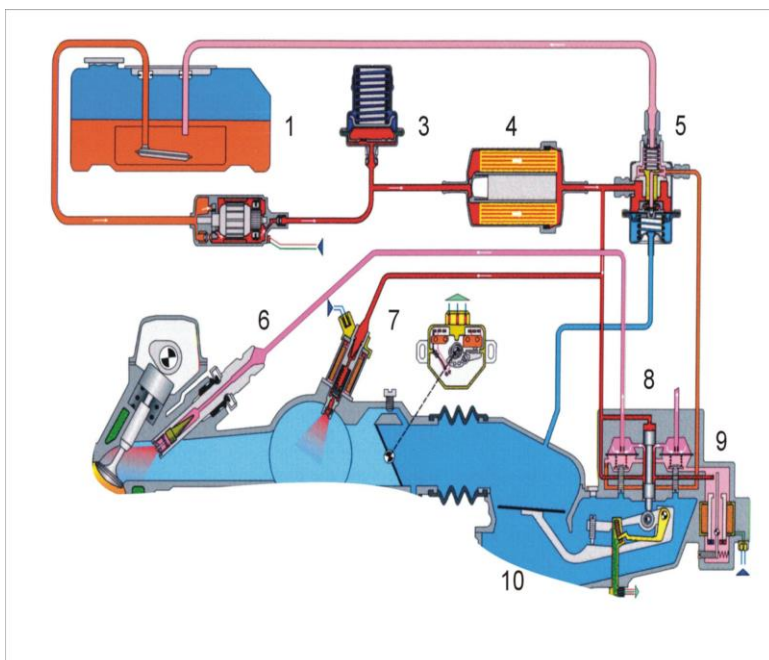
Źródło: Autodiagnostyka – poradnik serwisowy.

4. MPI – wielopunktowy wtrysk paliwa

Wielopunktowy układ wtrysku benzyny (rys. 5.12.) posiada zamontowane w kanałach dolotowych wtryskiwacze w liczbie równej liczbie cylindrów. Tworzenie mieszanki paliwowo-powietrznej odbywa się w kanale dolotowym oraz wewnątrz cylindrów. Istnieją trzy typy wielopunktowych układów wtryskowych: z jednoczesnym

wtryskiem paliwa do wszystkich cylindrów, z sekwencyjnym oraz półsekwencyjnym wtryskiem paliwa. Wtryskiwacze sekwencyjnego układu wtrysku paliwa otwierają się w takt kolejności zapłonów w cylindrach. Czujnik umiejscowiony na wale korbowym lub przy wałku rozrządu wskazuje cylinder, w którym ma nastąpić wtrysk paliwa. Współczesne systemy wtryskowe spełniające normę OBD (diagnozy pokładowej systemu zasilania silnika) są konstruowane jako tzw. wtrysk sekwencyjny, czyli realizujący synchroniczne otwarcie wtryskiwacza paliwa w momencie otwarcia zaworu ssącego silnika. Takie rozwiązanie gwarantuje bardzo dobre ujednorodnienie mieszanki paliwowo-powietrznej, co jest szczególnie ważne dla fazy nagrzewania się silnika. Paliwo podane do obszaru otwartego zaworu, gdy przepływ powietrza jest tam bardzo turbulentny, gwarantuje dobre rozpylenie, odparowanie i ujednorodnienie składu mieszanki. Drugi powód rozdzielania pracy wtryskiwaczy, czyli ich indywidualne sterowanie, wynika z konieczności indywidualnej korekty dawki paliwa dla danego cylindra, aż do możliwości wyłączenia go z pracy, aby ochronić katalizator, gdy w danym cylindrze występują braki zapłonów (tzw. wypadanie zapłonów). Groziłoby to dopalaniem mieszanki (faza bezpłomieniowa) w katalizatorze, a to z kolei – wzrostem temperatury, aż do wytopienia ceramiki i utraty właściwości katalitycznych. W systemie półsekwencyjnym paliwo jest podawane do cylindrów przez wtryskiwacze włączane parami. Czas otwarcia poszczególnych wtryskiwaczy zależy w dużym stopniu od temperatury, obciążenia, prędkości i warunków pracy silnika. Układy wtryskowe wielopunktowy i jednopunktowy mają podobne obwody zasilania w paliwo. Przedstawiony na rys. 5.12 układ paliwowy systemu wielopunktowego wtrysku wyposażono we wtryskiwacz rozruchowy. Współczesne systemy nie mają już tego wtryskiwacza. Układ paliwowy, a właściwie obieg paliwa każdego systemu, zaczyna i kończy się w zbiorniku paliwa samochodu.

Rys. 5.12. Przykład wtrysku wielopunktowego KE-Jetronic.

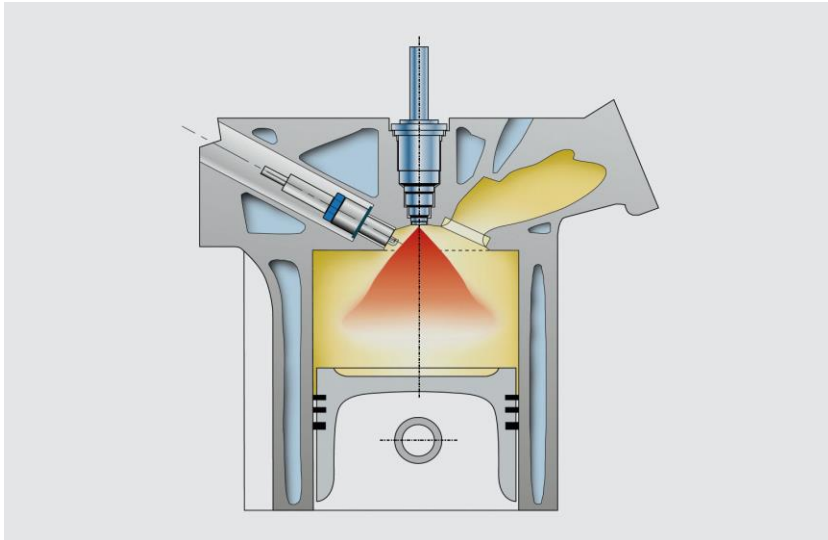


Źródło: www.mechatronika.pl/ poradnik serwisowy.

5. GDI – wtrysk bezpośredni

Bezpośredni wtrysk benzyny jest rodzajem wtrysku wielopunktowego, w którym wtryskiwacze podają paliwo od razu do komór spalania w cylindrach (rys. 5.13).

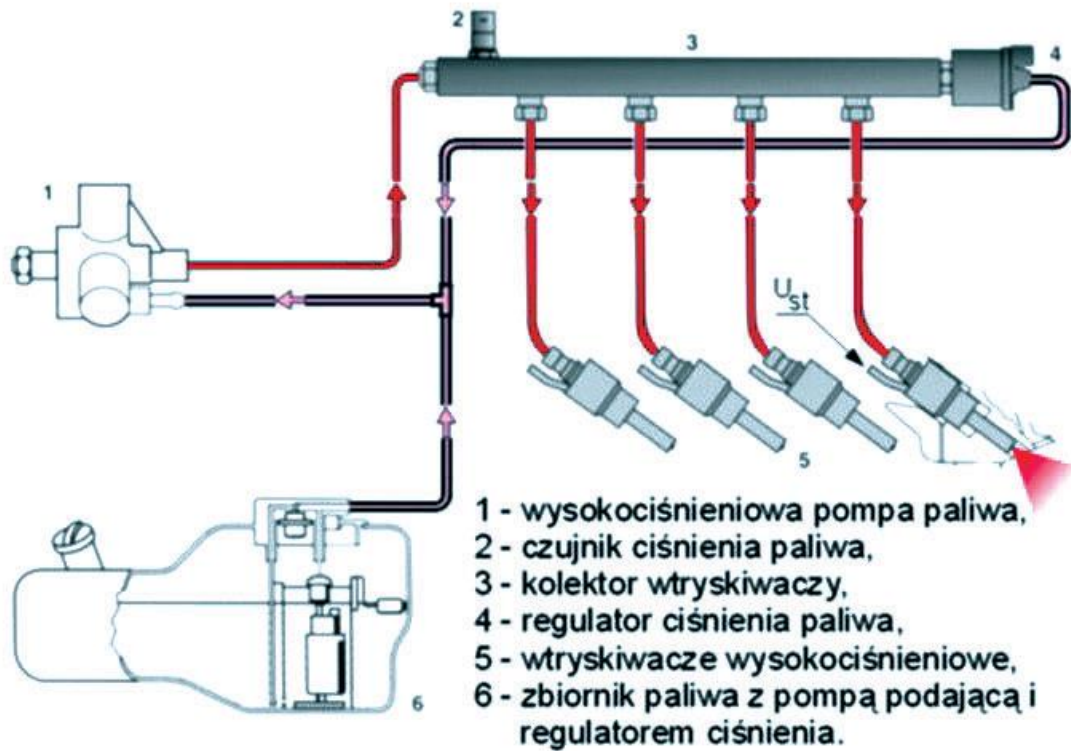
Rys. 5.13. Bezpośredni wtrysk benzyny.



Źródło: www.mechatronika.pl/ poradnik serwisowy

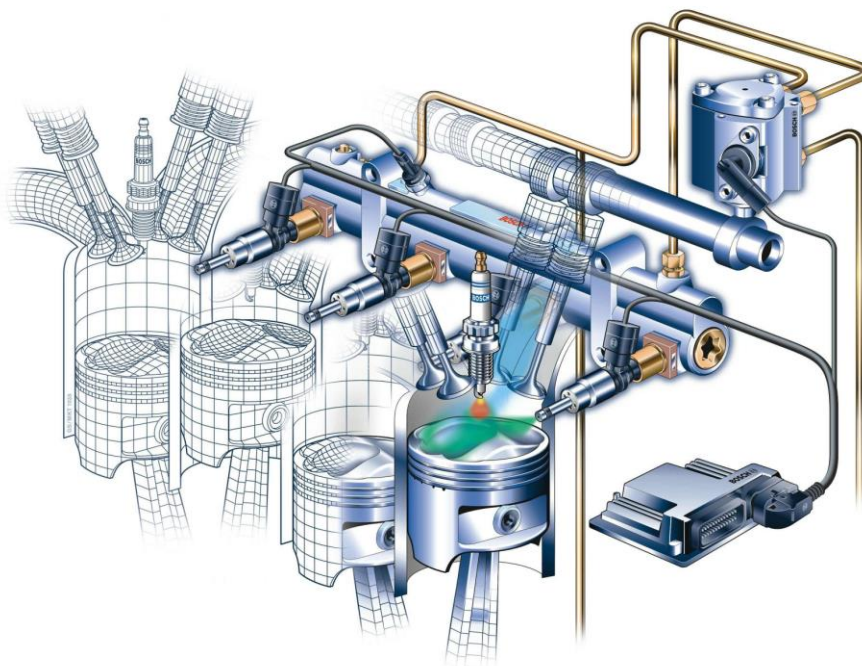
Bezpośredni wtrysk (rys. 5.14 i 5.15.) jest projektowany tak, aby dostarczyć potrzebne paliwo o prawidłowym ciśnieniu i rozdrobnieniu. Kolejne wtryski synchronizowane są z procesami w cylindrach. Sygnał ze sterownika określa czas otwarcia każdego wtryskiwacza. Dłuższy impuls oznacza zwiększenie wtrysniętej dawki paliwa. Czas otwarcia jest wyznaczany przez elektroniczny sterownik na podstawie wskazań różnych czujników pomiarowych. Podstawowym zadaniem sterownika jest również uruchomienie pompy paliwa poprzez przekaźnik. W odróżnieniu od silników z wtryskiem pośrednim, układ zasilania silników z wtryskiem bezpośrednim zawiera dwie pompy i dwa regulatory ciśnienia. Pierwszy zestaw pompa-regulator odnosi się do obwodu niskiego ciśnienia układu paliwowego, który dostarcza paliwo do drugiego, wysokociśnieniowego zestawu pompa-regulator. Układ wtryskowy uzupełniają zasobnik paliwa wysokiego ciśnienia i wtryskiwacze. W przeciwieństwie do wtryskiwaczy montowanych w kolektorze dolotowym, w przypadku bezpośredniego wtrysku benzyny wtryskiwacze są montowane w głowicy cylindra.

Rys. 5.14. Przykładowy schemat układu wtrysku bezpośredniego.



Źródło: Autodiagnostyka-poradniki serwisowy.

Rys. 5.15. Układ wtrysku bezpośredniego.

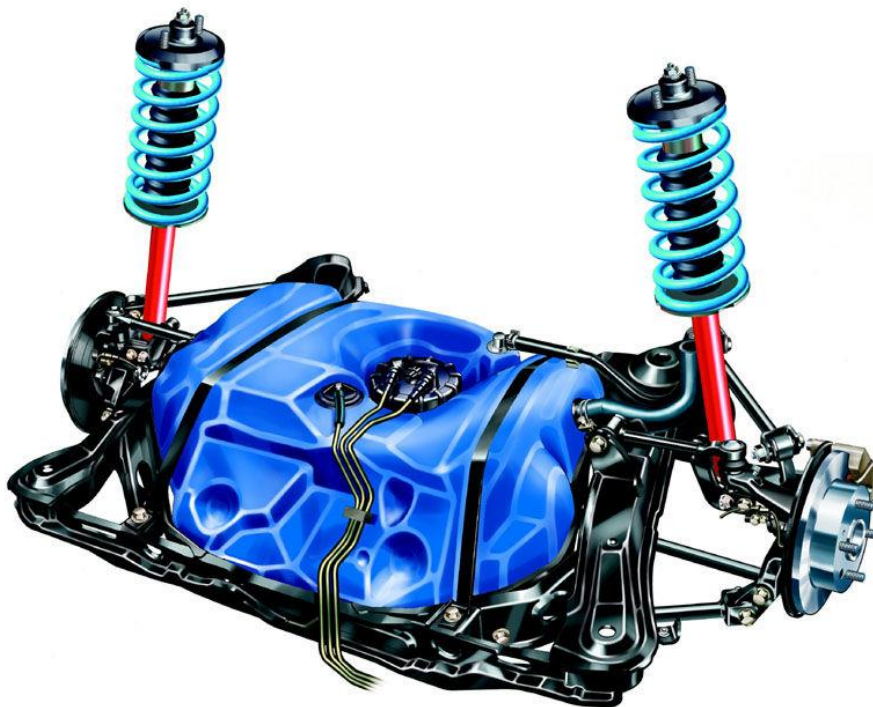


Źródło: www.mechatronika.pl/ poradnik serwisowy

6. Części składowe układu wtryskowego benzyny

Zbiornik paliwa (rys. 5.16.) jest wykonany z arkuszy cienkiej blachy lub z tworzywa sztucznego. Umieszcza się go daleko od silnika, np. pod siedzeniami tylnymi lub pod podłogą bagażnika, aby uniknąć zapalenia się paliwa podczas ewentualnej kolizji drogowej. Zbiornik posiada przewód wlewowy, przez który jest wlewane do jego wnętrza paliwo, korek spustowy (nie zawsze występuje) oraz zespół czujnika poziomu paliwa, pokazujący w zestawie wskaźników ilość pozostającego paliwa. Dodatkowo zbiornik paliwa jest podzielony przegrodami na kilka przedziałów. Przegrody przeciwdziałają burzeniu się paliwa podczas gwałtownych przechyłów nadwozia. Paliwo jest zasysane przez przewód ssący, umieszczony 2 do 3 cm ponad najniższym miejscem zbiornika. Koniec przewodu nie styka się z dnem zbiornika, dzięki czemu nie jest zasysana woda oraz osady gromadzące się z czasem na dnie. Nadmiar paliwa, który nie został wtrysnięty do cylindrów powraca do zbiornika przewodem powrotnym (uwaga: przewód powrotny nie występuje we wszystkich układach zasilania benzyną).

Rys. 5.16. Przykładowy zbiornik paliwa.



Źródło: www.mechatronika.pl/poradnik-serwisowy

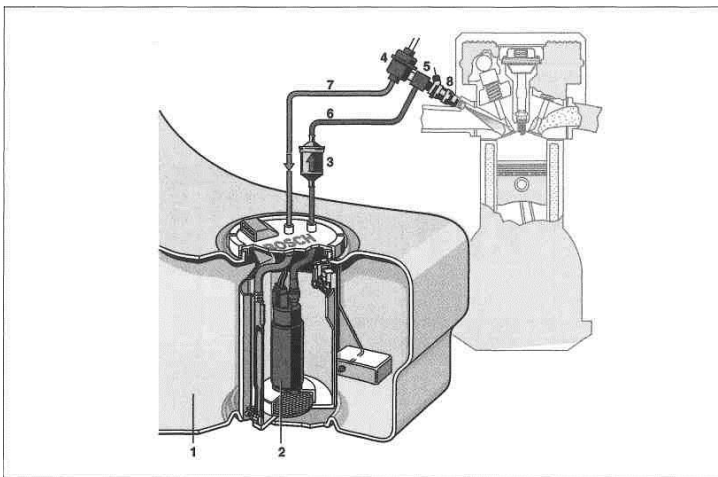
W samochodach z silnikami benzynowymi zbiornik jest odpowietrzany. Jednak, aby powstające w zbiorniku pary paliwa nie przedostawały się do atmosfery i zanieczyszczały ją węglowodorami lekkimi, stosuje się układ zatrzymujący pary paliwa w filtrze z węglem aktywnym i odprowadzający je w sposób kontrolowany do silnika i spalane. W zbiorniku jest umieszczona **elektryczna pompa paliwa**, która tworzy na ogół jeden zespół z czujnikiem poziomu paliwa i filtrem paliwa (rys. 5.17). Elektryczna pompa paliwa składa się z:

- pokrywy z przyłączami (rys. 5.18, A), w której niekiedy mogą być umieszczone elementy przeciwiskrzeniowe,
- silnika elektrycznego (rys. 5.18, B),

- części tłoczącej (rys. 5.18, C) w postaci pompy wyporowej lub przepływowej.

Pompa paliwa ma za zadanie dostarczenie paliwa do układu zasilania, zapewnienie odpowiedniego ciśnienia paliwa, przynajmniej równego ciśnieniu wymaganemu w układzie (zalecana jest nadwyżka ciśnienia podawanego przez pompę w stosunku do ciśnienia ustalanego przez regulator w celu utrzymania pełnego napełnienia układu) oraz zapewnienie odpowiedniego wydatku (większego od maksymalnego zużycia paliwa przez silnik). W niskociśnieniowych układach wtryskowych stosowane są dwa rodzaje pomp paliwa: pompa rolkowo-komorowa (obecnie już nie występuje) i pompa wirnikowa. Pompa wirnikowa składa się z dwóch części: elektrycznej i mechanicznej. Część elektryczna to silnik prądu stałego z wirnikiem obmywanym paliwem, który napędza mechaniczną pompkę tłoczącą paliwo. Pompa wirnikowa jest najczęściej pompą dwustopniową, w której oba stopnie są pompami obwodowo-wirnikowymi zespolonymi w jednym wirniku.

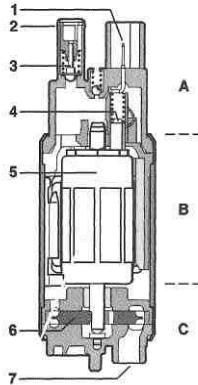
Rys. 5.17. 1 - zbiornik paliwa, 2 - elektryczna pompa paliwa umieszczona w zbiorniku, 3 - filtr paliwa, 4 - regulator ciśnienia paliwa, 5 - zasobnik paliwa, 6 - przewód dopływu paliwa, 7 - przewód odpływu nadmiaru paliwa, 8 - wtryskiwacz paliwa.



Źródło: Informator techniczny Bosch.

W czasie ruchu obrotowego wirnika paliwo w wieńcu łopatkowym uzyskuje energię kinetyczną, która zostaje zamieniona na energię ciśnienia w kanałach bocznych przylegających do wirującego wieńca. Pompa wirnikowa składa się z dwóch części: elektrycznej i mechanicznej. Część elektryczna to silnik prądu stałego z wirnikiem obmywanym paliwem, który napędza mechaniczną pompkę tłoczącą paliwo. Pompa wirnikowa jest najczęściej pompą dwustopniową, w której oba stopnie są pompami obwodowo-wirnikowymi zespolonymi w jednym wirniku. W czasie ruchu obrotowego wirnika paliwo w wieńcu łopatkowym uzyskuje energię kinetyczną, która zostaje zamieniona na energię ciśnienia w kanałach bocznych przylegających do wirującego wieńca.

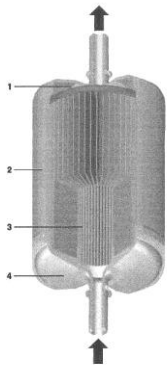
Rys. 5.18. Budowa pompy zasilającej na przykładzie pompy przepływowej: 1 - złącze elektryczne, 2 - króciec przewodu tłoczenia, 3 - zawór zwrotny, 4 - szczotki węglowe, 5 - twornik silnika z magnesami stałymi, 6 - wirnik pompy przepływowej, 7 - króciec dopływu paliwa.



Źródło: Informator techniczny Bosch.

Urządzenia wtryskowe w silnikach ZI charakteryzują się najwyższą precyzją. Aby nie uległy uszkodzeniu, wymagają skutecznego oczyszczenia paliwa. **Filtr w obwodzie zasilania paliwem**, wychytujący cząstki oddziałujące ściernie, może być zainstalowany jako wymienny filtr szeregowy albo wbudowany w zbiornik paliwa na stałe. W wytrącaniu zanieczyszczeń w formie cząstek stałych przy przepuszczaniu przez sito występują także takie zjawiska, jak zderzenia, dyfuzja oraz efekty zaporowe. Skuteczność wytrącania zależy od wielkości i prędkości przepływu cząstek zanieczyszczeń. Materiałem filtracyjnym jest fałdowany papier, częściowo przesycony specjalnym impregnatem. Filtr jest tak wbudowany w obwód zasilania paliwem, aby przez całą powierzchnię materiału filtracyjnego paliwo przepływało w przybliżeniu z jednakową prędkością. W układach zasilania silników o pośrednim wtrysku benzyny wkład filtracyjny ma średni wymiar porów – około 10 μm . W układach zasilania silników GDI, w których wymaga się jeszcze lepszego filtrowania, zanieczyszczenia o wielkości ponad 5 μm muszą być wytrącone w 85%. Ponadto w silnikach GDI resztki zanieczyszczeń w nowym filtrze, cząstki metalowe, mineralne, z tworzyw sztucznych lub włókien szklanych o wymiarze powyżej 200 μm są niedopuszczalne. Czas użytkowania (gwarantowany przebieg do wymiany) konwencjonalnych filtrów szeregowych w zależności od pojemności filtra wynosi 60 000 do 90 000 km. Filtry wbudowane w zbiornik paliwa mają gwarancję przebiegu 160 000 km. W silnikach GDI stosuje się filtry (zarówno szeregowy, jak i we wnętrzu zbiornika paliwa) o gwarantowanym przebiegu ponad 250 000 km. Obudowy filtrów wykonuje się jako stalowe, aluminiowe lub z tworzyw sztucznych (bez żadnych części metalowych). Połączenia filtrów z obwodem zasilania paliwem mogą być gwintowe, elastyczne obciskane albo szybkiego mocowania (zaciskowe). Skuteczność filtrów zależy od kierunku przepływu. **Dlatego przy wymianie filtra szeregowego należy bezwzględnie zachować oznaczony strzałką właściwy kierunek przepływu paliwa przez filtr.**

Rys. 5.19. Filtr paliwa: 1 - pokrywa, 2 - obudowa, 3 - wkład filtrujący, 3 - tarcza usztywniająca.

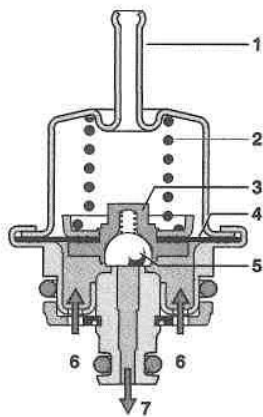


Źródło: Informator techniczny Bosch.

Zasobnik paliwa (Fuel Rail), zwany także przewodem rozdzielczym lub kolektorem paliwa, stosowany w silnikach o pośrednim wielopunktowym wtrysku benzyny (MPI), spełnia następujące zadania: podłączenie i mocowanie wtryskiwaczy, gromadzenie paliwa, zapewnienie równomiernego rozdziału paliwa między wtryskiwacze. Oprócz wtryskiwaczy, do zasobnika paliwa zwykle jest montowany regulator ciśnienia, a czasami także tłumik ciśnienia. Zasobnik paliwa projektuje się tak, aby zmniejszyć lokalne zmiany ciśnienia (dzięki odpowiedniemu doborowi jego wymiarów) wskutek rezonansu przy otwieraniu i zamykaniu wtryskiwaczy. Dzięki temu eliminuje się nierównomierność wtryskiwanych dawek paliwa zależną od obciążenia i prędkości obrotowej silnika. W zależności od wymagań producentów różnych typów pojazdów, zasobniki paliwa wytwarza się ze stali stopowej albo z tworzyw sztucznych. Dla ułatwienia diagnozowania oraz demontażu podczas obsługi często przewiduje się także zawór diagnostyczny zintegrowany z zasobnikiem paliwa. W silnikach GDI zasobnik paliwa stanowi element obwodu wysokiego ciśnienia, gdyż jest umieszczony za pompą wysokiego ciśnienia. W silnikach o wtrysku pośrednim, wtryskiwana dawka paliwa zależy od czasu wtrysku (otwarcia wtryskiwacza) i różnicy ciśnień paliwa w obwodzie zasilania oraz powietrza w kolektorze dolotowym. W obwodach zasilania paliwem wyposażonych w odpływ nadmiaru paliwa wpływ ciśnienia jest kompensowany, gdyż **regulator ciśnienia** utrzymuje stałą różnicę ciśnień między kolektorem dolotowym i zasobnikiem paliwa. Regulator ciśnienia paliwa kieruje do zbiornika tyle paliwa, aby różnica ciśnień na wtryskiwaczach pozostawała stała. Regulator ciśnienia paliwa standardowo jest montowany na końcu zasobnika paliwa, aby umożliwić całkowite jego przepłukanie. W obwodach zasilania bez odpływu nadmiaru paliwa regulator ciśnienia paliwa jest montowany w zbiorniku paliwa. Wówczas ciśnienie w zasobniku paliwa przybiera stałą wartość względem ciśnienia otoczenia. Różnica ciśnień względem ciśnienia w kolektorze dolotowym nie jest wtedy stała, co musi być uwzględniane przy obliczaniu czasu wtrysku. Regulator ciśnienia paliwa jest przeponowym zaworem przelewowym (rys. 5.20). Przepona (4) z gumowanej tkaniny, umieszczona w regulatorze, oddziela komorę paliwa od komory powietrza, w której znajduje się sprężyna. Sprężyna (2) przez podstawę zaworu (3), stanowiącą całość z przeponą i ruchomą tarczą zaworu, naciska na gniazdo zaworu. Gdy parcie paliwa na przeponę spowoduje przekroczenie siły oporu sprężyny, wówczas zawór się otworzy i do zbiornika zacznie odpływać paliwo. Wskutek wypływu pewnej ilości paliwa zostanie zrównoważony układ sił na przeponie zaworu, który wówczas się zamknie. W układach o pośrednim wtrysku benzyny komora powietrza ze sprężyną jest

połączona z kolektorem dolotowym za przepustnicą. Podciśnienie w kolektorze dolotowym oddziałuje w nich na przeponę po stronie sprężyny. Na przeponie ustala się taki sam stosunek ciśnień, jak na wtryskiwaczach. Dlatego spadki ciśnienia na wtryskiwaczach zależą od siły sprężyny i powierzchni przepony, czyli pozostają stałe. W układach GDI trzeba dokonywać regulacji w obwodach zarówno wysokiego, jak i niskiego ciśnienia. Regulator ciśnienia paliwa stosowany w obwodzie niskiego ciśnienia silników GDI jest taki sam, jak opisany poprzednio regulator stosowany w układach o wtrysku pośrednim.

Rys. 5.20. Regulator ciśnienia paliwa DR2. 1 - króciec przewodu połączony z kolektorem dolotowym, 2 - sprężyna, 3 - podstawa zaworu, 2 - przepona, 3 - zawór, 4 - dopływ paliwa, 5 - odpływ nadmiaru paliwa.

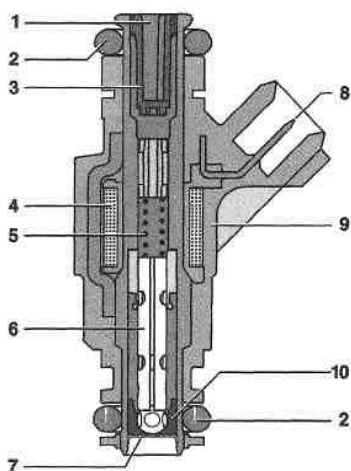


Źródło: Informator techniczny Bosch.

Ubytki paliwa wskutek wtrysku i okresowe przepływy w obwodach zasilania paliwem z wyporowymi pompami paliwa są przyczynami powstawania pulsacji ciśnienia paliwa. Drgania te mogą wywoływać zjawiska rezonansowe i zakłócać dokładność dawkowania paliwa. Może także wystąpić przenoszenie drgań pompy, przewodów i zasobnika paliwa przez elementy mocowania na nadwozie pojazdu wywołujące hałas. Problemy te rozwiązuje się odpowiednio kształtując elementy mocowania i wprowadzając specjalny **tłumik drgań ciśnienia paliwa**. Tłumik drgań ciśnienia paliwa jest zbudowany podobnie, jak regulator ciśnienia: wewnątrz tłumika jest podzielone przeponą (napinaną przez sprężynę) na komorę paliwa i powietrza. Siła sprężyny jest tak dobrana, że przepona odrywana od położenia równowagi przez zmienne ciśnienie paliwa szybko je odzyskuje. Zmieniająca się objętość komory paliwa tłumি występujące piki ciśnienia paliwa i zmniejsza amplitudę jego drgań. Przy pulsacjach bezwzględного ciśnienia paliwa warunkowanych ciśnieniem w przewodzie dolotowym, które zawsze mają korzystny wpływ, komorę paliwa tłumika można wyposażyć w króciec służący do połączenia z kolektorem dolotowym. Podobnie jak regulator ciśnienia, w układach wtrysku pośredniego tłumik może być usytuowany przy zasobniku paliwa albo w przewodzie paliwa. Natomiast w układach zasilania GDI tłumik jest umieszczony przy pompie wysokiego ciśnienia. **Przewody**, którymi paliwo przepływa od zbiornika do wtryskiwaczy, mogą być sztywnymi rurkami metalowymi bez szwu lub elastycznymi przewodami wykonanymi z wytrzymałych, trudnopalnych tworzyw sztucznych. Przewody paliwa muszą być tak usytuowane, aby nie były narażone na uszkodzenia mechaniczne, a w przypadku nagromadzenia w nich wykroplonego lub rozcieńczonego paliwa było ono jeszcze zapalne. Wszystkie elementy obwodu zasilania paliwem muszą być chronione przed nagrzewaniem zakłóca-

jącym przepływ, a paliwo nie powinno przemieszczać się w nich pod działaniem sił bezwładności. Elektrycznie sterowane **wtryskiwacze** pod ciśnieniem wtryskują paliwo do przewodów dolotowych poszczególnych cylindrów silnika. Umożliwia to dokładne dopasowanie dawki paliwa do zapotrzebowania silnika. Wyznaczenie dawki wtrysku jest końcowym etapem działania elektronicznego sterownika, który oblicza ją na podstawie sygnałów otrzymywanych od czujników systemu sterowania silnika. Elektromagnetyczny wtryskiwacz paliwa (rys. 5.21) składa się z obudowy (9) z gniazdem złącza elektrycznego (8) i króćcem dopływu paliwa (1), cewki elektromagnetycznej (4), ruchomej iglicy rozpylacza (6) z kotwicą magnetyczną i kulką uszczelniającą, gniazda iglicy (10) z płytką rozpylacza (7), sprężyny (5). W celu zapewnienia bezawaryjnego działania części wtryskiwacza doprowadzające paliwo są wykonane ze stali odpornej na korozję. Filtr siatkowy (3) w króćcu dopływu paliwa chroni wtryskiwacz przed zanieczyszczeniami. Współcześnie stosowane wtryskiwacze charakteryzuje osiowy kierunek dopływu paliwa z góry na dół. Przewód dopływu paliwa jest mocowany zaciskowo do króćca wtryskiwacza w sposób zapewniający niezawodność połączenia. Pierścień uszczelniający o przekroju okrągłym (O-ring) na króćcu dopływu paliwa zapewnia szczelność dopływu paliwa z zasobnika. Złącze elektryczne wtryskiwacza jest połączone przewodem ze sterownikiem. Gdy w elektromagnetycznej cewce wtryskiwacza nie płynie prąd, wówczas sprężyna oraz siła wynikająca z ciśnienia paliwa dociskają kulkę zaworu iglicowego do gniazda. W tym stanie obwód zasilania paliwem jest odcięty od przewodu dolotowego. Gdy w cewce wtryskiwacza płynie prąd, wówczas powstaje pole elektromagnetyczne, które podnosi iglicę rozpylacza. Kulka unosi się w gnieździe zaworu i następuje wtrysk paliwa. Po wyłączeniu prądu wzbudzenia zawór iglicowy znów zostaje zamknięty siłą sprężyny. Rozpylenie paliwa umożliwia płytka rozpylacza o jednym lub wielu otworkach. Wytłoczone otworki zapewniają długotrwałą niezmienną wtryskiwanej dawki paliwa. Płytkę rozpylacza jest niewrażliwa na przywieranie nagaru i osadów z paliwa. Kształt strumienia wtryskiwanego paliwa zależy od liczby i usytuowania otworków rozpylacza.

Rys. 5.21. Budowa elektromagnetycznego wtryskiwacza EV6: 1- króciec dopływu paliwa, 2 - pierścień uszczelniający (O-ring), 3 - filtr siatkowy, 4 - cewka, 5 - sprężyna, 6 - iglica rozpylacza z kotwicą magnetyczną i kulką uszczelniającą, 7 - płytka iglicy rozpylacza, 8 - złącze elektryczne, 9 - obudowa wtryskiwacza, 10 - gniazdo iglicy rozpylacza.



Źródło: Informator techniczny Bosch.

Dobrą szczelność zaworu w gnieździe gwarantuje sposób uszczelnienia stożek-kulka. Wtryskiwacz paliwa jest wciśnięty w specjalny otwór w przewodzie dolotowym, a dolny pierścień uszczelniający zapewnia szczelność połączenia. Wtryskiwana w jednostce czasu dawka paliwa jest określona:

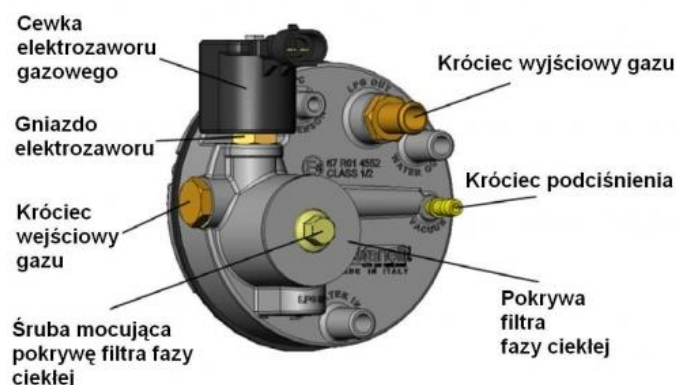
- ciśnieniem paliwa w obwodzie zasilania,
- ciśnieniem powietrza w przewodzie dolotowym,
- kształtem strumienia wtryskiwanego paliwa.

Elektromagnetyczne wtryskiwacze paliwa są ciągle udoskonalane, ze względu na stale zwiększające się wymagania dotyczące ich wytwarzania, jakości, niezawodności i masy.

7. Układ zasilania gazem LPG

Najprostszym systemem gazowym jest instalacja mieszalnikowa. Takie systemy swego czasu były jedynymi dostępnymi na rynku i nadal są z powodzeniem stosowane w starszych generacjach samochodów. Instalacje mieszalnikowe (1. generacji) stanowiły podstawowy zestaw montażowy do silników zasilanych za pomocą gaźników. Istniały dwa rodzaje instalacji gazowych 1. generacji: z podciśnieniowym lub elektrycznym zabezpieczeniem przeciwwypływowym z reduktora-parownika. Jest to jedno z ważniejszych zabezpieczeń samochodowych instalacji gazowych, zamykające wypływ gazu z reduktora przy niepracującym silniku. Regulacja składu mieszanki w tych układach następowała tylko przez zmianę wydajności reduktora pod wpływem prędkości obrotowej i obciążenia – była niedoskonała.

Rys. 5.22. Budowa reduktora gazu.



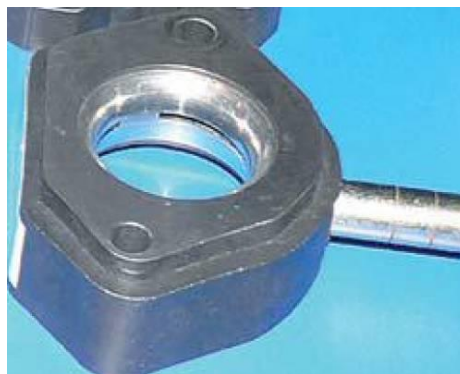
Źródło: <http://gazeo.pl/lpg/technika-lpg/reduktory-lpg/Reduktory-w-gazowych-ukladach-zasilania,artykul,5886.html>

Rozwinięciem tego typu jest instalacja 2. generacji, z regulacją przepływu gazu pomiędzy reduktorem a mieszalnikiem. Zamontowany na węźle łączącym oba urządzenia silnik krokowy (podobny do regulującego prędkość obrotową biegu jałowego w

układzie benzynowym) przez zmianę przekroju, korzystając z sygnału sondy lambda, reguluje skład mieszanki gazowo-powietrznej tak, by utrzymać jej stechiometryczny skład ($\lambda=1$). Takie układy są dość powszechne nawet obecnie, stanowią blisko 50% montowanych instalacji gazowych również w samochodach z wielopunktowym wtryskiem benzyny (obok systemów wtrysku gazu). Instalacje 2. generacji z powodzeniem zdają egzamin w samochodach wyposażonych w układ EOBD dzięki zastosowaniu odpowiedniego emulatora

W systemach 1. i 2. generacji bardzo ważny jest odpowiedni dobór mieszalnika montowanego w układzie dolotowym, tak by ilość podawanego gazu była dostosowana do zapotrzebowania silnika. Należy wybrać mieszalnik uznanych dostawców, czasami dużo droższy od tanich, dostarczanych przez mniejsze zakłady. Większe koszty mogą w dłuższej perspektywie przynieść znaczne oszczędności na zużyciu paliwa gazowego. Używane obecnie systemy 2. generacji są wyposażane w nowoczesne reduktory, często zintegrowane z wkładami filtrów gazu. Są to urządzenia niezawodne i przy odpowiedniej eksploatacji służące przez długie lata. Są również stosunkowo odporne na zanieczyszczenia eksploatacyjne.

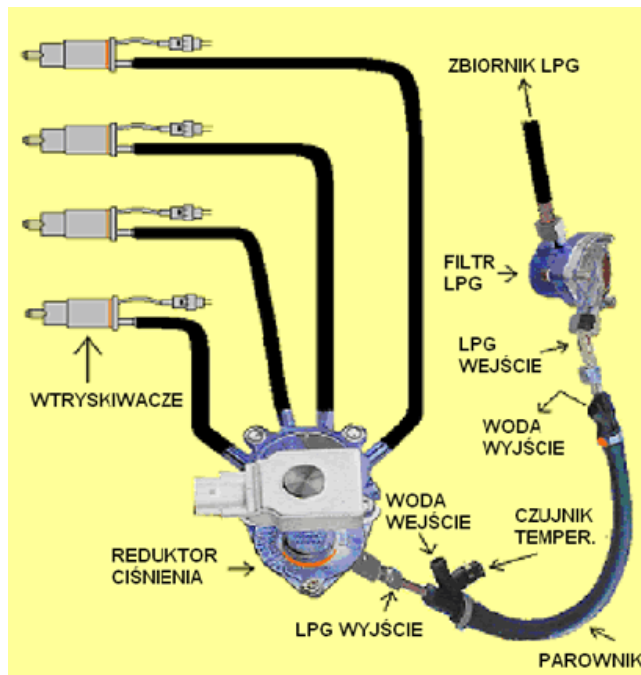
Rys. 5.23. Mieszalnik.



Źródło: <https://www.google.pl/search?q=mieszalnik+gazu>

W przypadku układów mieszalnikowych, gdzie gaz jest podawany na początku kolektora dolotowego (jak przy zasilaniu gaźnikowym), cała jego objętość jest wypełniona gotową do zapłonu mieszanką gazowo-powietrzną. W razie nieprawidłowego działania układu następuje spalanie mieszanki w kolektorze. Jeżeli jest on wykonany ze stopów aluminium, to często nie ma to żadnych konsekwencji (czasem może dojść do wysunięcia z króćca jakiegoś węży). Stosowane powszechnie kłapy przeciwwybuchowe zabezpieczają przepływomierz oraz obudowę filtra powietrza. Takie zachowanie jest jednak sygnałem, że coś w silniku zaczyna niedomagać, najczęściej w układzie zapłonowym (np. zużyta świeca).

Rys. 5.24. System wtrysku gazu LPG.



Źródło: <http://zamel.com.pl/pl/subpage/3,sekwencyjny-wtrysk-gazu-easy-jet>

W kolektorze wykonanym z tworzywa sztucznego w większości przypadków doszłoby do jego uszkodzenia. Dlatego w silnikach wyposażonych w tego typu kolektory dolotowe stosuje się wyłącznie systemy wtrysku gazu. Na początku były to proste układy zasilania nadciśnieniowego, sterowane pneumatycznie (przez zmiany podciśnienia w kolektorze). Wyprowadzone z urządzenia dozującego gaz rurki były montowane w kolektorze dolotowym, jak najbliżej zaworów dolotowych (w kolektor wkręcano kalibrowane dysze dostosowujące wydajność układu do zapotrzebowania silnika). W ten sposób objętość kolektora wypełnioną mieszanką gazowo-powietrzną ograniczano do minimum, a zatem nawet przy wystąpieniu nawrotu płomienia jego skutki były niezauważalne (czasami nawet niesłyszalne). Tego typu układy nazwano umownie 3. generacją. Były one z powodzeniem użytkowane w silnikach doładowanych. Rozwinięciem układów 3. generacji są systemy określane mianem 4. generacji, które stanowią większość montowanych systemów gazowych. Są one wyposażone w sekwencyjnie działające wtryskiwacze, otwierane elektromagnetycznie. W tych układach jako sygnały sterujące są wykorzystywane impulsy służące doysterowania wtryskiwaczy benzynowych. Z tego względu montaż takiej instalacji jest stosunkowo prosty i mało pracochłonny. Są to najbardziej zaawansowane układy stosowane do zasilania najnowocześniejszych jednostek.

Na podobnej zasadzie działają systemy wtrysku gazu w stanie ciekłym, określane jako 5. generacja. Właściwie dostępny jest jeden tego typu system, LPI holenderskiej firmy Vialle. Różnica w stosunku do wcześniejszych generacji polega na tym, że paliwo gazowe jest utrzymywane w postaci ciekłej w całym układzie, a jego odparowanie następuje dopiero w kanałach dolotowych, po wtrysnięciu. Dzięki temu poprawia się napełnianie cylindrów, słaby punkt układów poprzednich generacji. Poprawa napełniania

wynika z ochłodzenia ładunku dostarczanego do cylindrów przez gwałtownie odparowujący gaz. Dzięki temu moc silnika pozostaje na takim samym poziomie jak przy zasilaniu benzyną, a w pewnych zakresach prędkości obrotowych nawet ją przewyższa. Układy tego rodzaju nie rozpowszechniły się z uwagi na stosunkowo duże zużycie paliwa i problemy eksploatacyjne z pompami gazu montowanymi w zbiornikach.

...