

BONUS 8 · KURS MECHANIKI SAMOCHODOWEJ

ELEKTRONICZNY WTRYSK PALIWA

Jak działa sterowanie wtryskiem w silnikach benzynowych i wysokoprężnych: sterownik, czujniki, wtryskiwacze, pompy i regulacja ciśnienia, a także dane bieżące, testy i typowe usterki.

- ❖ Rodzaje układów wtryskowych
- ❖ Sterownik i obliczanie dawki
- ❖ Czujniki układu wtryskowego
- ❖ Wtryskiwacze, pompy, przepustnica
- ❖ Common rail w dieslu
- ❖ Diagnostyka i karta pomiarów

4

ROZDZIAŁY

15

TEMATÓW

20+

CZUJNIKÓW I ELEMENTÓW

A4

DO DRUKU

EDYCJA 2026 · OD CZUJNIKA DO WTRYSKIWACZA



❖	Jak zbudowany jest ten bonus	3
1	Podstawy wtrysku	4
1.1	Rodzaje układów wtryskowych	5
1.2	Sterownik silnika i tryby pracy	6
1.3	Jak sterownik oblicza dawkę paliwa	7
2	Czujniki układu wtryskowego	8
2.1	Pomiar powietrza: MAF, MAP i IAT	9
2.2	Obroty i położenie: CKP, CMP, TPS, APP	10
2.3	Temperatura, spalanie stukowe i sondy lambda	11
2.4	Czujniki ciśnienia paliwa i doładowania	12
3	Elementy wykonawcze	13
3.1	Wtryskiwacze benzynowe	14
3.2	Pompy paliwa i regulacja ciśnienia	15
3.3	Przepustnica, EVAP, zmienne fazy i inne zawory	16
3.4	Common rail w silniku wysokoprężnym	17
4	Diagnostyka wtrysku	18
4.1	Dane bieżące układu wtryskowego	19
4.2	Testy układu paliwowego	20
4.3	Typowe usterki i studia przypadków	21
4.4	Karta pomiarów układu wtryskowego	22



Jak zbudowany jest ten bonus

Materiał prowadzi od ogólnej zasady działania, przez czujniki i elementy wykonawcze, do diagnostyki. Każdy rozdział można czytać osobno, ale najwięcej daje lektura po kolei.

❖ Wejście, przetwarzanie, wyjście

Etap	Elementy	Rola
Wejścia	Czujniki: powietrze, obroty, położenie, temperatura, tlen w spalinach, ciśnienie	Informują sterownik o stanie silnika i warunkach pracy
Przetwarzanie	Sterownik silnika (ECU) z mapami i algorytmami	Oblicza dawkę paliwa, moment wtrysku, zapłon, doładowanie
Wyjścia	Wtryskiwacze, pompa, przepustnica, cewki, zawory	Wykonują decyzje sterownika
Sprzężenie zwrotne	Sondy lambda, czujnik ciśnienia w listwie, czujnik stukowy	Pozwalają korygować decyzje na bieżąco

Ta prosta struktura jest kluczem do diagnostyki. Gdy silnik pracuje źle, pytamy: czy sterownik dostaje prawdziwe informacje (czujniki), czy podejmuje właściwe decyzje (dane bieżące, korekty) i czy elementy wykonawcze je wykonują (testy, pomiary).

⚠ **Bezpieczeństwo**

Układy paliwowe pracują pod ciśnieniem, od kilku barów we wtrysku pośrednim do ponad 2000 barów w common rail. Paliwo jest łatwopalne, a strumień pod wysokim ciśnieniem może przebić skórę. Przed pracą rozładuj ciśnienie według procedury producenta i nie odkręcaj przewodów wysokiego ciśnienia przy pracującym silniku.

ROZDZIAŁ 1



Podstawy wtrysku

Rodzaje układów wtryskowych, tryby pracy sterownika i sposób obliczania dawki paliwa.

Tematy w rozdziale

1.1	Rodzaje układów wtryskowych	str. 5
1.2	Sterownik silnika i tryby pracy	str. 6
1.3	Jak sterownik oblicza dawkę paliwa	str. 7

1.1

TEMAT

Rodzaje układów wtryskowych

Układy wtryskowe różnią się miejscem podawania paliwa, ciśnieniem i sposobem sterowania. Rozpoznanie typu układu to pierwszy krok do właściwej diagnozy.

Układ	Miejsce wtrysku	Ciśnienie (orientacyjnie)	Cechy i słabe punkty
Wtrysk jednopunktowy (SPI)	Jeden wtryskiwacz przed przepustnicą	około 1 bar	Starsze auta; prosta budowa, gorsza precyzja
Wtrysk wielopunktowy (MPI)	Kanał dolotowy przed zaworem każdego cylindra	około 3 do 4 bar	Paliwo omywa zawory; tańszy serwis
Wtrysk bezpośredni benzyny (GDI, TSI, TFSI, FSI)	Bezpośrednio do komory spalania	około 50 do 350 bar	Lepsza sprawność; nagar na zaworach dolotowych, pompa wysokiego ciśnienia
Wtrysk podwójny (bezpośredni i pośredni)	Oba sposoby, zależnie od obciążenia	Dwa obwody ciśnienia	Ogranicza nagar na zaworach
Diesel common rail	Bezpośrednio do komory spalania	około 250 do 2500 bar	Wiele wtrysków na cykl; wrażliwy na czystość paliwa
Diesel z pompowtryskiwaczami	Bezpośrednio, pompa w każdym wtryskiwaczu	do około 2000 bar i więcej	Starsze diesle; napęd od wałka rozrządu
Instalacja LPG sekwencyjna	Kanał dolotowy, osobne wtryskiwacze gazu	około 1 bar nad ciśnieniem w kolektorze	Sterownik gazu przelicza czasy wtrysku benzyny

❖ **Wskazówka z warsztatu**

W silniku z wtryskiem bezpośrednim zawsze sprawdź, czy ma także wtryskiwacze w kanałach dolotowych. W silnikach z wtryskiem podwójnym diagnostyka obejmuje dwa niezależne układy ciśnienia i dwa komplety wtryskiwaczy.

1.2

TEMAT

Sterownik silnika i tryby pracy

Sterownik silnika zmienia strategię w zależności od warunków. Znajomość trybów pracy pozwala zrozumieć, dlaczego dane bieżące wyglądają inaczej na zimnym silniku, przy przyspieszaniu czy przy hamowaniu silnikiem.

Tryb pracy	Co robi sterownik	Co widać w danych
Rozruch	Podaje wzbogaconą dawkę zależną od temperatury silnika	Pętla otwarta, dawka większa niż na ciepłym silniku
Rozgrzewanie	Wzbogaca mieszankę, podnosi obroty, często opóźnia zapłon dla szybkiego nagrzania katalizatora	Podwyższone obroty, sonda jeszcze nieaktywna
Pętla zamknięta	Utrzymuje lambda 1 na podstawie sondy	Korekty krótkoterminowe oscylują wokół zera
Przyspieszanie	Chwilowo wzbogaca dawkę	Wzrost obciążenia i dawki, lambda poniżej 1
Pełne obciążenie	Wzbogaca mieszankę dla mocy i chłodzenia (benzyna)	Pętla otwarta, lambda poniżej 1
Hamowanie silnikiem	Odcina wtrysk powyżej określonych obrotów	Czas wtrysku zero, sonda pokazuje mieszankę ubogą
Ochrona katalizatora	Ogranicza moc przy wypadaniu zapłonów lub wysokiej temperaturze	Kody wypadania zapłonów, ograniczenie
Tryb awaryjny	Używa wartości zastępczych zamiast błędnego czujnika	Kody usterek, ograniczone obroty lub moc

❖ **Zasilanie i masa sterownika**

Sterownik potrzebuje stałego zasilania (podtrzymanie pamięci), zasilania po zapłonie lub z przekaźnika głównego oraz kilku pewnych mas. Niskie napięcie lub słaba masa powodują błędne decyzje, kody czujników i problemy z komunikacją. Przed podejrzeniem sterownika zawsze zmierz napięcie na jego pinach zasilania i spadek napięcia na masach podczas rozruchu.

⚠ **Bezpieczeństwo**

Nie odłączaj wtyczek sterownika przy włączonym zapłonie i nie wykonuj pomiarów przez przekłuwanie izolacji przy jego złączach. Uszkodzenie pinu lub wilgoć w złączu sterownika to bardzo kosztowna naprawa.

1.3

TEMAT

Jak sterownik oblicza dawkę paliwa

Dawka paliwa wynika z ilości powietrza w cylindrze i docelowego składu mieszanki, a następnie jest korygowana przez szereg poprawek. W silniku benzynowym dawkę wyraża czas otwarcia wtryskiwacza w milisekundach.

❖ Kolejne kroki obliczenia

1	Sterownik określa ilość powietrza: z przepływomierza (MAF) lub z ciśnienia w kolektorze, obrotów i temperatury (metoda MAP).
2	Wyznacza docelowy skład mieszanki: zwykle lambda 1, wzbogacenie przy rozruchu, przyspieszaniu i pełnym obciążeniu.
3	Oblicza bazową dawkę paliwa i przelicza ją na czas otwarcia wtryskiwacza przy danym ciśnieniu paliwa.
4	Dodaje korektę na opóźnienie otwarcia wtryskiwacza zależne od napięcia akumulatora.
5	Uwzględnia korekty temperaturowe silnika i powietrza.
6	Stosuje korekty z sondy lambda: krótkoterminową (szybka) i długoterminową (zapamiętana adaptacja).
7	Ustala moment wtrysku względem położenia wału (sekwencyjnie dla każdego cylindra).

❖ Wartości orientacyjne czasu wtrysku

Warunek (benzyna, wtrysk pośredni)	Typowy czas wtrysku	Uwagi
Bieg jałowy, rozgrzany silnik	około 2 do 4 ms	Zależny od wtryskiwaczy i pojemności
Rozruch na zimno	Wyraźnie dłuższy niż na ciepło	Wzbogacenie rozruchowe
Hamowanie silnikiem	0 ms	Odcięcie wtrysku
Pełne obciążenie	Wielokrotnie dłuższy niż na biegu jałowym	Zależnie od obrotów

W silnikach z wtryskiem bezpośrednim czas wtrysku jest znacznie krótszy, bo ciśnienie paliwa jest wielokrotnie wyższe, a dawka często jest dzielona na kilka wtrysków w jednym cyklu. Porównuj wartości z danymi sprawnego auta tego samego typu, a nie z wtryskiem pośrednim.

❖ Wskazówka z warsztatu

Długi czas wtrysku na biegu jałowym przy dodatnich korektach wskazuje, że sterownik dolewa paliwa, bo wykrywa mieszankę ubogą. Szukaj powietrza, które nie przeszło przez przepływomierz, albo za niskiego ciśnienia paliwa.

ROZDZIAŁ 2



Czujniki układu **wtryskowego**

Pomiar powietrza, obrotów i położenia, temperatury, tlenu w spalinach i ciśnienia. Co mierzą czujniki, jak wyglądają ich sygnały i jak je sprawdzić.

Tematy w rozdziale

2.1	Pomiar powietrza: MAF, MAP i IAT	str. 9
2.2	Obroty i położenie: CKP, CMP, TPS, APP	str. 10
2.3	Temperatura, spalanie stukowe i sondy lambda	str. 11
2.4	Czujniki ciśnienia paliwa i doładowania	str. 12

2.1

TEMAT

Pomiar powietrza: MAF, MAP i IAT

Ilość powietrza jest podstawą obliczenia dawki. Błędny pomiar powietrza zmienia skład mieszanki we wszystkich cylindrach jednocześnie.

❖ **Przepływomierz masowy (MAF)**

Zasada	Podgrzewany element (warstwa) chłodzony przez przepływające powietrze; prąd potrzebny do utrzymania temperatury odpowiada masie powietrza
Sygnał	Napięcie analogowe lub częstotliwość; w danych bieżących g/s lub kg/h
Wartości	Bieg jałowy zwykle około 2 do 5 g/s dla silnika 1,4 do 2,0; rośnie proporcjonalnie z obciążeniem
Typowe usterki	▶ Zabrudzenie elementu: заниzony odczyt, mieszanka uboga pod obciążeniem ▶ Nieszczelność za czujnikiem: niezmierzone powietrze ▶ Uszkodzona wtyczka, przerwa zasilania
Test	▶ Porównanie odczytu z wartością oczekiwaną dla pojemności i obrotów ▶ Masa zadana i rzeczywista w dieslu ▶ Test dymowy dolotu za czujnikiem

❖ **Czujnik ciśnienia w kolektorze (MAP) i temperatury powietrza (IAT)**

Zasada	MAP: membrana piezorezystancyjna mierzy ciśnienie bezwzględne; IAT: termistor NTC (rezystancja maleje z temperaturą)
Sygnał	MAP: około 0,5 do 4,5 V; IAT: napięcie zależne od temperatury
Wartości	MAP przy wyłączonym silniku około 1 bar (ciśnienie atmosferyczne); na biegu jałowym benzyny około 0,25 do 0,4 bar absolutnego
Typowe usterki	▶ Zapchany wężyk lub otwór czujnika ▶ Nieszczelność dolotu (MAP za wysoki na biegu jałowym) ▶ IAT pokazujący stałą wartość
Test	▶ Porównanie MAP z ciśnieniem atmosferycznym przy wyłączonym silniku ▶ IAT na zimnym silniku równe temperaturze otoczenia

2.2

TEMAT

Obroty i położenie: CKP, CMP, TPS, APP

Te czujniki mówią sterownikowi, kiedy wtryskiwać i jak mocno kierowca chce przyspieszyć. Utrata sygnału obrotów zatrzymuje silnik natychmiast.

❖ **Czujnik położenia wału korbowego (CKP) i wałka rozrządu (CMP)**

Zasada	Odczyt zębów koła impulsowego z luką (np. 60 minus 2 zęby) lub magnetycznego pierścienia; CMP rozpoznaje cylinder w suwie sprężania
Sygnał	Indukcyjny: przebieg sinusoidalny rosnący z obrotami; Halla: prostokąt 0 do 5 V lub 0 do 12 V
Typowe usterki	▶ Brak sygnału CKP: silnik nie zapala, obroty 0 w testerze ▶ Zabrudzenie opiłkami, uszkodzone koło impulsowe ▶ Utrata sygnału na ciepło: gaśnięcie silnika
Test	▶ Obroty w testerze podczas rozruchu ▶ Rezystancja czujnika indukcyjnego, zasilanie czujnika Halla ▶ Oscyloskop: kształt i regularność przebiegu, synchronizacja CKP i CMP

❖ **Czujniki położenia przepustnicy (TPS) i pedału przyspieszenia (APP)**

Zasada	Potencjometry lub czujniki bezstykowe; zawsze dwa niezależne sygnały dla bezpieczeństwa
Sygnał	Dwa napięcia zmieniające się płynnie, często jedno jest połową drugiego lub przebiegają przeciwnie
Typowe usterki	▶ Zużyta ścieżka potencjometru: skoki sygnału ▶ Brak korelacji sygnałów: tryb awaryjny, kod P2135 lub P2138 ▶ Zabrudzona przepustnica: problemy z biegiem jałowym
Test	▶ Powolne wciskanie pedału z obserwacją obu sygnałów w testerze ▶ Pomiar napięć na wtyczce ▶ Adaptacja przepustnicy po czyszczeniu

2.3

TEMAT

Temperatura, spalanie stukowe i sondy lambda

Temperatura silnika decyduje o wzbogaceniu mieszanki, czujnik stukowy chroni silnik przed uszkodzeniem, a sondy lambda zamykają pętlę regulacji składu mieszanki.

❖ **Czujnik temperatury płynu (ECT) i czujnik spalania stukowego**

Zasada	ECT: termistor NTC; czujnik stukowy: element piezoelektryczny przykręcony do bloku
Wartości	ECT na zimnym silniku równy temperaturze otoczenia, na ciepłym około 85 do 105 °C; rezystancja maleje ze wzrostem temperatury
Typowe usterki	▶ ECT pokazujący za wysoką temperaturę: trudny rozruch na zimno ▶ ECT pokazujący za niską: duże spalanie, wentylator stale włączony ▶ Czujnik stukowy z nieprawidłowym momentem dokręcenia: kody, opóźniony zapłon
Test	▶ Porównanie ECT z IAT na zimnym silniku ▶ Krzywa nagrzewania w danych ▶ Korekty zapłonu dla cylindrów przy obciążeniu

❖ **Sonda lambda skokowa i szerokopasmowa**

Zasada	Element ceramiczny porównuje zawartość tlenu w spalinach i powietrzu; sonda szerokopasmowa ma dodatkową komórkę pompującą sterowaną prądem
Sygnał	Skokowa: około 0,1 V (uboga) do 0,9 V (bogata); szerokopasmowa: wartość lambda lub prąd pompujący w danych
Wartości	Skokowa przy 2500 obr/min przełącza się kilka razy na sekundę; sonda za katalizatorem względnie stała około 0,5 do 0,8 V
Typowe usterki	▶ Przepalona grzałka: kody P0030, P0135, P0141 ▶ Wolna reakcja ze starości lub zanieczyszczenia (olej, płyn chłodniczy, krzem) ▶ Fałszywy odczyt przez nieszczelny wydech przed sondą
Test	▶ Obserwacja przełączania na ciepłym silniku ▶ Test wzbogacenia i zubożenia mieszanki ▶ Rezystancja i zasilanie grzałki

2.4

TEMAT

Czujniki ciśnienia paliwa i doładowania

W układach z wtryskiem bezpośrednim i doładowaniem sterownik reguluje ciśnienie w pętli zamkniętej. Czujnik ciśnienia jest wtedy jedynym źródłem informacji o rzeczywistej wartości.

Czujnik	Co mierzy	Typowe wartości	Test
Ciśnienie w listwie (benzyna GDI)	Ciśnienie wysokie przed wtryskiwaczami	około 50 do 200 bar na biegu jałowym, do około 350 bar pod obciążeniem	Porównanie zadanego i rzeczywistego, kody P0087, P0088, P0190
Ciśnienie w listwie (diesel)	Ciśnienie w common rail	około 250 do 400 bar na biegu jałowym, do około 1600 do 2500 bar pod obciążeniem	Zadane i rzeczywiste przy przyspieszaniu, ciśnienie przy rozruchu
Ciśnienie niskie paliwa	Ciśnienie zasilania pompy wysokiego ciśnienia	około 3 do 6 bar	Odczyt w testerze lub manometr
Ciśnienie doładowania	Ciśnienie za turbosprężarką lub w kolektorze	Zależne od obciążenia, w dieslach często około 1 do 2 bar nadciśnienia	Porównanie z ciśnieniem atmosferycznym przy wyłączonym silniku, zadane i rzeczywiste
Temperatura paliwa	Temperatura paliwa w listwie lub przewodzie	Zależna od warunków	Korekta gęstości paliwa w obliczeniu dawki

❖ **Wskazówka z warsztatu**

Przy wyłączonym silniku i włączonym zapłonie czujniki ciśnienia doładowania, MAP i ciśnienia atmosferycznego powinny pokazywać zbliżone wartości. Różnica powyżej kilku dziesiątych bara wskazuje na uszkodzony czujnik.

⚠ **Bezpieczeństwo**

Czujnika ciśnienia w listwie wysokiego ciśnienia nie odkręcaj przy pracującym silniku ani tuż po jego wyłączeniu. W wielu konstrukcjach czujnik jest zintegrowany z listwą i nie podlega osobnej wymianie.

ROZDZIAŁ 3



Elementy wykonawcze

Wtryskiwacze benzynowe, pompy paliwa i regulacja ciśnienia, przepustnica i zawory pomocnicze oraz układ common rail w dieslu.

Tematy w rozdziale

3.1	Wtryskiwacze benzynowe	str. 14
3.2	Pompy paliwa i regulacja ciśnienia	str. 15
3.3	Przepustnica, EVAP, zmienne fazy i inne zawory	str. 16
3.4	Common rail w silniku wysokoprężnym	str. 17

3.1

TEMAT

Wtryskiwacze benzynowe

Wtryskiwacz to zawór elektromagnetyczny lub piezoelektryczny, który otwiera się na czas wyznaczony przez sterownik. Od jego szczelności i kształtu strumienia zależy jakość spalania.

Typ	Sterowanie	Rezystancja orientacyjna	Typowe usterki
MPI wysokooporowy	Zasilanie 12 V, sterownik zamyka obwód do masy	około 11 do 16 Ω	Zabrudzenie, kapanie, przerwa cewki
MPI niskooporowy	Sterowanie prądowe (peak and hold)	około 2 do 5 Ω	Jak wyżej, wrażliwy na zasilanie
GDI elektromagnetyczny	Wysokie napięcie otwarcia ze sterownika (kilkadziesiąt V), potem podtrzymanie	zwykle około 1 do 3 Ω	Nagar na końcówce, nieszczelne uszczelnienie, nierówna dawka
GDI piezoelektryczny	Wysokie napięcie sterujące, kryształ piezo	Nie mierzy się jak cewki	Wymaga testera i danych producenta

❖ **Objawy zużytych wtryskiwaczy**

- ▶ Nierówna praca na biegu jałowym i wypadanie zapłonów w jednym cylindrze.
- ▶ Kapiący wtryskiwacz: trudny rozruch na ciepło, zapach paliwa, korekty ujemne, rozrzedzony olej.
- ▶ Zatkany wtryskiwacz: mieszanka uboga w cylindrze, korekty dodatnie, szarpanie pod obciążeniem.
- ▶ Nieszczelne uszczelnienie GDI: wydmuch spalin, nagar wokół gniazda, zapach spalin w komorze silnika.

❖ **Diagnoza wtryskiwacza**

1	Sprawdź liczniki wypadania zapłonów i test balansu cylindrów.
2	Zmierz rezystancję wtryskiwacza i porównaj z pozostałymi.
3	Sprawdź zasilanie i sterowanie (próbnik LED lub oscyloskop) podczas pracy silnika.
4	Zmierz spadek ciśnienia paliwa po wyłączeniu silnika, aby wykryć kapanie.
5	Zamień wtryskiwacze miejscami (MPI) i sprawdź, czy usterka się przenosi.
6	Oceń strumień i szczelność na stanowisku do testowania i czyszczenia wtryskiwaczy.

❖ **Wskazówka z warsztatu**

Przebieg sterowania wtryskiwacza na oscyloskopie pokazuje po wyłączeniu charakterystyczny pik napięcia indukcji cewki. Brak lub wyraźnie niższy pik w jednym cylindrze wskazuje na uszkodzoną cewkę wtryskiwacza.

3.2

TEMAT

Pompy paliwa i regulacja ciśnienia

Pompa dostarcza paliwo, a regulator utrzymuje ciśnienie potrzebne do precyzyjnego wtrysku. W nowszych autach ciśnienie jest regulowane elektronicznie, a nie mechanicznym regulatorem.

Rozwiązanie	Jak działa	Diagnostyka
Pompa z mechanicznym regulatorem i powrotem	Regulator na listwie przelewa nadmiar paliwa do zbiornika	Manometr na listwie, kontrola wężyka podciśnienia regulatora
Układ bez powrotu (returnless)	Regulator w module pompy w zbiorniku	Ciśnienie na zaworze serwisowym, spadek po wyłączeniu
Pompa sterowana sygnałem PWM	Moduł pompy zmienia prędkość pompy według zapotrzebowania	Kody modułu pompy, ciśnienie zadane i rzeczywiste
Pompa wysokiego ciśnienia GDI	Tłoczek napędzany krzywką wałka rozrządu, zawór sterujący ilością	Ciśnienie w listwie w testerze, stan popychacza i krzywki
Pompa wysokiego ciśnienia common rail	Pompa tłoczkowa z zaworem dozującym i zaworem ciśnieniowym	Ciśnienie zadane i rzeczywiste, test przelewów wtryskiwaczy

❖ **Objawy niedoboru paliwa**

- ▶ Szarpanie i utrata mocy przy przyspieszaniu lub jeździe pod górę.
- ▶ Kody mieszanki ubogiej przy obciążeniu i kody ciśnienia paliwa (P0087).
- ▶ Długi rozruch, szczególnie po dłuższym postoju.
- ▶ Gaśnięcie przy niskim poziomie paliwa w zbiorniku (zasysanie powietrza, zużyta pompa).

⚠ **Bezpieczeństwo**

Pompa wysokiego ciśnienia uszkodzona przez zanieczyszczone paliwo rozsyła opiłki po całym układzie. Przy jej wymianie sprawdź filtr, przewody, listwę i wtryskiwacze według procedury producenta, inaczej nowa pompa i wtryskiwacze ulegną szybkiemu zniszczeniu.

3.3

TEMAT

Przepustnica, EVAP, zmienne fazy i inne zawory

Wtrysk współpracuje z wieloma elementami wykonawczymi. Ich usterki często objawiają się jak problemy z mieszanką, choć wtryskiwacze są sprawne.

Element	Rola w układzie	Objawy usterki	Kontrola
Elektroniczna przepustnica	Reguluje ilość powietrza, utrzymuje bieg jałowy	Falujące obroty, gaśnięcie, tryb awaryjny	Czyszczenie, adaptacja, test silnika przepustnicy
Zawór przedmuchu EVAP	Wpuszcza opary paliwa z pochłaniacza do dolotu	Trudny rozruch po tankowaniu, mieszanka bogata	Szczelność bez zasilania, test sterowania
Zawór zmiennych faz rozrządu	Steruje variatorem wałka rozrządu	Nierówny bieg jałowy, kody P0010 do P0014	Odchyłka faz w danych, test elementu, olej
Zawór EGR	Zawraca spaliny do dolotu	Gaśnięcie na biegu jałowym (benzyna), dymienie (diesel)	Położenie zadane i rzeczywiste, nagar
Kłapy kolektora dolotowego	Zmieniają przepływ powietrza w kanałach	Spadek momentu, kody P2004, P2008	Ruch kłap, siłownik, nagar
Zawór odmy	Odprowadza gazy ze skrzyni korbowej	Lewe powietrze, gwizd, wyciek oleju	Test dymowy, podciśnienie w skrzyni korbowej

❖ **Wskazówka z warsztatu**

Zawór odmy z pękniętą membraną to bardzo częsta przyczyna kodów mieszanki ubogiej i nierównej pracy w silnikach benzynowych. Prosty test: przy pracującym silniku zdejmij korek wlewu oleju; silne zasysanie lub gwizd wskazuje na uszkodzoną odmę.

3.4

TEMAT

Common rail w silniku wysokoprężnym

Układ common rail rozdziela wytwarzanie ciśnienia od wtrysku. Dzięki temu sterownik może wykonać kilka wtrysków w jednym cyklu i precyzyjnie kształtować przebieg spalania.

Rodzaj wtrysku w cyklu	Cel
Wtrysk pilotujący (jeden lub kilka)	Łagodzi przyrost ciśnienia, obniża hałas spalania
Wtrysk główny	Wytwarza moment obrotowy
Wtrysk dodatkowy wczesny po głównym	Dopala sadzę, obniża emisję cząstek
Wtrysk późny (po)	Podnosi temperaturę spalin przy regeneracji DPF

Typ wtryskiwacza	Cechy	Diagnostyka
Elektromagnetyczny	Prostsza budowa, przelew sterujący	Test przelewów, korekty dawek, rezystancja cewki
Piezoelektryczny	Szybsza reakcja, więcej wtrysków na cykl, wysokie napięcie sterujące	Test przelewów i korekt; pomiary elektryczne wg producenta

❖ Zasady pracy przy common rail

- ▶ **Czystość:** każde otwarcie układu wymaga zaślepek i czystego otoczenia; ziarnko piasku niszczy wtryskiwacz.
- ▶ **Przewody wysokiego ciśnienia** po demontażu są zwykle jednorazowe.
- ▶ **Podkładki pod wtryskiwacze** zawsze nowe; nieszczelność powoduje wydmuch i zapiecenie wtryskiwacza.
- ▶ **Kodowanie wtryskiwaczy:** po wymianie wprowadź kody korekcyjne do sterownika.
- ▶ **Woda w paliwie** jest bardzo szkodliwa: odwadniaj filtr według zaleceń.

⚠ **Bezpieczeństwo**

Ciśnienie w common rail może przekraczać 2000 bar. Strumień paliwa przebija skórę i powoduje bardzo groźne urazy. Nie zbliżaj rąk do nieszczelności przy pracującym silniku i odczekaj czas rozładowania ciśnienia podany przez producenta przed otwarciem układu.

ROZDZIAŁ 4



Diagnostyka wtrysku

Dane bieżące, testy układu paliwowego, typowe usterki ze studiami przypadków i karta pomiarów do druku.

Tematy w rozdziale

4.1	Dane bieżące układu wtryskowego	str. 19
4.2	Testy układu paliwowego	str. 20
4.3	Typowe usterki i studia przypadków	str. 21
4.4	Karta pomiarów układu wtryskowego	str. 22

4.1

TEMAT

Dane bieżące układu wtryskowego

Odczyt kilku parametrów jednocześnie pozwala ocenić, czy problem leży po stronie powietrza, paliwa czy zapłonu. Najcenniejszy jest zapis podczas jazdy próbnej.

Parametr	Wartość typowa (benzyna, rozgrzany silnik)	Na co wskazuje odchylenie
Korekta krótkoterminowa (STFT)	Oscyluje wokół 0 procent	Bieżąca reakcja na skład mieszanki
Korekta długoterminowa (LTFT)	Zwykle w zakresie ± 10 procent	Stały problem z mieszanką
Czas wtrysku na biegu jałowym (MPI)	około 2 do 4 ms	Dłuższy: sterownik dolewa paliwa
Masa powietrza na biegu jałowym	około 2 do 5 g/s (silnik 1,4 do 2,0)	Zaniżona: brudny MAF lub nieszczelność
Ciśnienie w kolektorze (MAP)	około 0,25 do 0,4 bar absolutnego	Zawyżone: nieszczelność, zawory
Sonda przed katalizatorem	Przełączanie 0,1 do 0,9 V lub lambda około 1,00	Stale uboga lub bogata
Stan pętli	Zamknięta na ciepłym silniku	Otwarta na ciepło: usterka sondy lub czujnika temperatury
Temperatura płynu	około 85 do 105 °C	Za niska: termostat, błędny czujnik

❖ Diesel: pary wartości zadanej i rzeczywistej

Para parametrów	Prawidłowo	Odchylenie wskazuje na
Ciśnienie w listwie	Rzeczywiste szybko podąża za zadaniem	Pompa, zawór regulacyjny, filtr, przelewy wtryskiwaczy
Ciśnienie doładowania	Zgodność przy przyspieszaniu	Nieszczelność, geometria turbo, siłownik
Masa powietrza	Zgodność w całym zakresie	Przepływomierz, EGR, nieszczelność
Położenie EGR	Zgodność położenia	Nagar, zapieczony zawór
Korekty wtryskiwaczy	W granicach producenta	Zużyty wtryskiwacz lub niska kompresja w cylindrze

4.2

TEMAT

Testy układu paliwowego

Testy potwierdzają hipotezę postawioną na podstawie kodów i danych bieżących. Każdy z nich odpowiada na konkretne pytanie o stan układu.

Test	Jak wykonać	Co wykazuje
Ciśnienie statyczne paliwa (MPI)	Manometr na zaworze serwisowym, zapłon lub praca silnika	Pompa, regulator, filtr
Spadek ciśnienia po wyłączeniu	Obserwacja manometru przez kilka minut	Kapiący wtryskiwacz, zawór zwrotny pompy, regulator
Wydatek pompy	Pomiar ilości paliwa w zadanym czasie	Słaba pompa mimo prawidłowego ciśnienia
Test balansu cylindrów	Funkcja testera lub wyłączanie kolejnych wtryskiwaczy	Cylinder o słabszym udziale w pracy
Test przelewów (diesel)	Przewody przelewowe do menzurek, praca na biegu jałowym	Zużyty wtryskiwacz
Test szczelności dolotu	Wytwornica dymu	Lewe powietrze zaburzające skład mieszanki
Test wzbogacenia	Kontrolowane podanie dodatkowego paliwa lub propanu do dolotu	Reakcja sondy lambda
Oscyloskop na wtryskiwaczu	Sonda napięciowa lub cęgi prądowe	Sterowanie, stan cewki, czas otwarcia

⚠ Bezpieczeństwo

Testu wzbogacenia mieszanki propanem nie wykonuj w zamkniętym pomieszczeniu bez wentylacji ani w pobliżu źródeł ognia. Używaj wyłącznie urządzeń przeznaczonych do tego celu i ściśle według ich instrukcji.

❖ Wskazówka z warsztatu

Zapisuj wyniki testów w karcie pomiarów (temat 4.4). Ciśnienie, spadek ciśnienia i wyniki przelewów porównane przy kolejnej wizycie pokazują tempo zużycia układu.

4.3

TEMAT

Typowe usterki i studia przypadków

Trzy przykłady pokazują, jak dane bieżące i proste testy prowadzą do przyczyny bez wymiany części na próbę.

❖ **Przypadek 1: benzyna MPI, szarpanie pod górę**

Objaw	Szarpanie przy przyspieszaniu pod obciążeniem, brak kodów
Dane	LTFT +4 procent na biegu jałowym, +18 procent pod obciążeniem; czas wtrysku wydłużony
Test	Ciśnienie statyczne prawidłowe, ale spada przy obciążeniu; pomiar wydatku pompy poniżej normy
Przyczyna	Zapchane sitko i zużyta pompa paliwa
Weryfikacja	Po wymianie pompy i filtra LTFT około +2 procent w całym zakresie

❖ **Przypadek 2: GDI, nierówna praca na zimno**

Objaw	Drgania i wypadanie zapłonów po zimnym rozruchu, przebieg 140 000 km
Dane	Liczniki wypadania zapłonów na kilku cylindrach, korekty w normie, cewki i świece sprawne
Test	Endoskop przez kanał dolotowy po zdjęciu kolektora: gruby nagar na zaworach dolotowych
Przyczyna	Nagar na zaworach typowy dla wtrysku bezpośredniego
Weryfikacja	Po czyszczeniu zaworów równa praca na zimno, liczniki wypadania zapłonów na zero

❖ **Przypadek 3: diesel, trudny rozruch rano**

Objaw	Długie kręcenie rozrusznikiem po nocy, po uruchomieniu brak problemów
Dane	Ciśnienie w listwie podczas rozruchu rośnie bardzo wolno
Test	Przezroczysty wężyk na zasilaniu: pęcherze powietrza; nieszczelne szybkozłącze przy filtrze
Przyczyna	Zasysanie powietrza i spływanie paliwa do zbiornika w nocy
Weryfikacja	Po wymianie szybkozłącza rozruch natychmiastowy, ciśnienie rośnie szybko

4.4

KARTA DO DRUKU

Karta pomiarów układu wtryskowego

Wypełnij kartę przy diagnozie układu wtryskowego. Wartości porównuj z danymi producenta i z wynikami poprzednich pomiarów.

Data, pojazd, silnik, przebieg	
Rodzaj wtrysku	
Kody usterek	

Parametr	Bieg jałowy	2500 obr/min	Pod obciążeniem	Uwagi
STFT / LTFT (procent)				
Czas wtrysku (ms)				
Masa powietrza (g/s) lub MAP				
Sonda lambda				
Ciśnienie paliwa zadane / rzeczywiste				
Ciśnienie doładowania zadane / rzeczywiste				

Cylinder	1	2	3	4	5	6
Korekta dawki / balans						
Przelew (ml)						
Rezystancja wtryskiwacza						
Kompresja (bar)						

Wnioski i naprawa	
-------------------	--



Elektroniczny wtrysk paliwa

Sterownik widzi silnik oczami czujników. Zrozum, co mierzą i jak sterownik na to reaguje, a diagnoza wtrysku stanie się logiczna.