

średnio przyczyny ani uszkodzonej części układu wtryskowego, którymi w tym przypadku mogą być: pompy paliwa niskiego lub wysokiego ciśnienia, nieszczelność zaworu regulacyjnego ciśnienia lub wtryskiwacza albo wadliwe wskazania czujnika ciśnienia. Na ogół usterkę można ustalić za pomocą dalszych pomiarów. Szczególną ostrożność należy zachować wtedy, kiedy w pamięci ujawniono wiele usterek tego samego zespołu. Mogą to być usterki wtórne, pochodzące od właściwego uszkodzenia. Dla usterek układu szeregowej transmisji danych są pokazywane wszystkie elementy, których dane są przekazywane przez magistralę, np. włączniki pedału hamulca lub sprzęgła. Jeśli najpierw dokona się sprawdzenia tych włączników i wskaźnika poziomu paliwa w zbiorniku, może to oznaczać pójście w niewłaściwym kierunku.

### 2.2.3. Wykaz parametrów bieżących

Wykaz parametrów bieżących (tzw. lista danych) markowego testera (rys. 2.5), dzięki szerokiemu zakresowi danych, daje możliwość sprawdzenia wszystkich podzespołów zarządzania pracą silnika. Należy do tego np. układ filtra cząstek stałych (wiersze 29 do 35). Istotny jest również fakt, że oprócz danych zmierzonych dysponuje się także danymi nominalnymi producenta.

Jeśli silnik nie daje się uruchomić, należy sprawdzić wartości prędkości obrotowej silnika i synchronizacji wałka rozrządu. Jeśli nie jest pokazywana

żadna wartość (wiersz 1), należy sprawdzić czujnik GMP na wale korbowym. Jeśli jest ujawniona usterka synchronizacji wał korbowy/wał rozrządu (wiersz 2) ale przy pokazaniu prędkości obrotowej silnika, prawdopodobnie jest uszkodzony czujnik wału rozrządu. Następnie należy spojrzeć na wiersze 3 i 4. Dla większości układów wtryskowych wtrysk paliwa następuje od wartości ciśnienia w zasobniku wynoszącej 18 MPa. Jeśli podczas rozruchu silnika takie ciśnienie nie jest osiągnięte, należy sprawdzić elementy obwodu wysokiego ciśnienia (wiersze 5 i 6). W przypadku nierównomiernej pracy silnika warto zwrócić uwagę na wiersze 7 do 10 listy danych.

Dotyczą one regulacji równomierności biegu jałowego. Układ regulacji równomierności biegu jałowego próbuje przez sterownik utrzymać dla wszystkich cylindrów równomierną prędkość obrotową przez określenie za pomocą czujnika GMP przebiegu prędkości obrotowej. Jeśli jeden z cylindrów jest „za szybki”, w następnym cyklu jest zmniejszana dawka wtrysku paliwa.

Dla „za wolnego” cylindra dawka wtrysku zostaje natomiast zwiększona. Na liście danych jest podawana korekcja dawki dla każdego cylindra w mg/skok lub w procentach. Suma dodatnich i ujemnych odchyłeń od dawki średniej z reguły wynosi zero. Uszkodzony cylinder jest zwykle wolniejszy. Na liście będzie pokazane wtedy wyraźne odchylenie dawki wtrysku do góry. Dopuszczalne może wynosić maksymalnie 40% dawki wtrysku paliwa. W przypadku całkowitej awarii

Cylinder	1	2	3	4	5	6
Odchyłka dawki w mg/skok	5,8	-2,8	-2,0	-2,2	3,0	-1,8

Rys. 2.6

Odchylenie dawki dla sześciocylindrowego silnika wysokoprężnego z uszkodzonym wtryskiwaczem 1. cylindra (dawka wtrysku na biegu jałowym ok. 6 mg/skok, dopuszczalne odchylenie  $\pm 2,5$  mg/skok)

Nr	Wielkość pomiarowa	Wskazanie	Uwagi
01	Prędkość obrotowa silnika	780 obr/min	Przy pełnym obciążeniu 2800 – 3100 obr/min
	Dawka wtrysku	6,6 mg/skok	Przy pełnym obciążeniu 40 – 55 mg/skok
	Ciśnienie w zasobniku	23,43 MPa	
	Temperatura cieczy chłodzącej	73,8°C	Temperatura < 75°C
03	<b>Recyrkulacja spalin</b>		
	Prędkość obrotowa silnika	780 obr/min	Od 3000 obr/min i po 2 min biegu jałowego: EGR wyłączony. Rzeczy- wista masa powietrza o 50% większa niż nominalna: EGR wyłączony. Współczynnik trwania impulsu zaworu EGR wynosi 5%, EGR wyłączony.
	Masa powietrza, rzeczywista	212 mg/skok	
	Masa powietrza, nominalna	215 mg/skok	
Współczynnik trwania impulsu zaworu EGR	25%		
07	<b>Temperatury</b>		
	Temperatura paliwa	36,9°C	Od temperatury cieczy chłodzącej o wartości 113°C zmniejszenie dawki wtrysku
	Temperatura oleju silnika	72,0°C	
	Temperatura zasysanego powietrza	35,1°C	
Temperatura cieczy chłodzącej	77,4°C		
10	<b>Ciśnienie powietrza</b>		
	Masa powietrza, rzeczywista	229 mg/skok	
	Ciśnienie atmosferyczne	1000 hPa	
	Ciśnienie doładowania	1010 hPa	
Położenie pedału przyspieszenia	1%		
11	<b>Turbosprężarka</b>		
	Prędkość obrotowa silnika	780 obr/min	
	Ciśnienie doładowania, rzeczywiste	1000 hPa	
	Ciśnienie doładowania, nominalne	1010 hPa	
Współczynnik trwania impulsu nastawnika VTG	51%		
13	<b>Regulacja równomierności biegu jałowego</b>		
	Odchyłka dawki cylinder 3	-0,09 mg/skok	Maks. dopuszczalna odchyłka: ±2,8 mg/skok
	Odchyłka dawki cylinder 2	0,09 mg/skok	
	Odchyłka dawki cylinder 1	-0,05 mg/skok	
–	–		
14	<b>Regulacja równomierności biegu jałowego</b>		
	Odchyłka dawki cylinder 6	-0,28 mg/skok	Maks. dopuszczalna odchyłka: ±2,8 mg/skok
	Odchyłka dawki cylinder 5	0,00 mg/skok	
	Odchyłka dawki cylinder 4	0,33 mg/skok	
–	–		
22	<b>Ciśnienie paliwa w zasobniku / zawór regulacyjny wysokiego ciśnienia</b>		
	Prędkość obrotowa silnika	780 obr/min	
	Ciśnienie w zasobniku, nominalne	22,72 MPa	
	Ciśnienie w zasobniku, rzeczywiste	23,43 MPa	
	Współczynnik trwania impulsu zaworu przewietrzania silnika PCV	21%	
Zawór regulacyjny wysokiego ciśnienia			
23	<b>Ciśnienie paliwa w zasobniku / zawór sterujący dawki</b>		
	Prędkość obrotowa silnika	780 obr/min	
	Ciśnienie w zasobniku, nominalne	22,72 MPa	
	Ciśnienie w zasobniku, rzeczywiste	22,72 MPa	
	Współczynnik trwania impulsu zaworu sterującego dawki VCV	41%	

Rys. 2.7 Typowe bloki wartości pomiarowych silnika Audi V6 TDI-CR

danego cylindra należy wziąć pod uwagę, że wskutek silnego zwiększenia dawki wtrysku dla uszkodzonego cylindra tester oblicza wzrost średniej dawki wtrysku. Z podanego powodu sprawne cylindry wchodzi na taki „minus”, że również osiągną granice tolerancji (rys. 2.6). W razie wątpliwości należy się skoncentrować na cylindrze wykazującym najwyższe dodatnie odchylenie dawki.

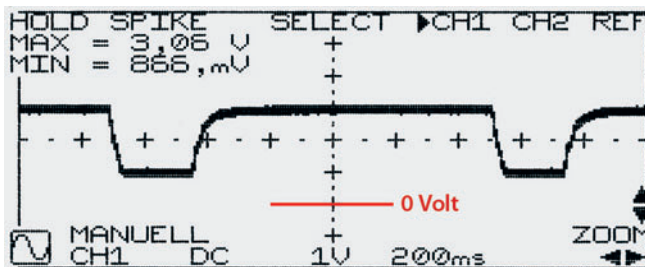
Jeśli pomiar ciśnienia sprężania w cylindrze na podstawie np. prądu rozrusznika wykazuje, że mechanicznie silnik jest sprawny, z dużym prawdopodobieństwem można przyjąć, że usterka dotyczy wtryskiwacza, który należy sprawdzić elektrycznie i hydraulicznie. Dzięki temu uniknie się niepotrzebnej wymiany wtryskiwaczy i ponoszenia wysokich kosztów części zamiennych.

W przypadku spadku mocy silnika diagnosta powinien wywołać wartości dawki wtrysku, wydatku powietrza i średniej prędkości obrotowej silnika. Również i w tym przypadku należy przestrzec przed szybkimi decyzjami naprawczymi. Niskie ciśnienie doładowania niekoniecznie wskazuje na uszkodzenie turbosprężarki. Przyczyną niskiego ciśnienia doładowania może być także ograniczenie dawki wtrysku wywołane przegrzaniem silnika, zmniejszenie wydatku powietrza spowodowane nadmiernym zużyciem wałka rozrządu, uszkodzony masowy przepływomierz powietrza lub zawieszony w stanie otwartym zawór recyrkulacji spalin EGR.

Koncern Volkswagen dla swoich pojazdów oferuje wykaz parametrów bieżących sporządzany w formie tak zwanych bloków wartości pomiarowych, zawierający dane pomiarowe dla poszczególnych podzespołów. Blok wartości pomiarowych 3 we wszystkich pojazdach dotyczy układu recyrkulacji spalin (rys. 2.7), blok wartości pomiarowych 7 – ważniejszych temperatur. Bloki wartości pomiarowych 10 i 11 dotyczą układu doładowania, a blok 13 – odchyłek dawki wtrysku układu regulacji równomierności pracy silnika. Przy zakupie przyrządu diagnostycznego przeznaczonego dla wielu marek pojazdów należy zwrócić uwagę na to, aby nie tylko pokazywał on dane pomiarowe bloków wartości pomiarowych np. 85°C, lecz także umożliwiał jednoznaczne przyporządkowanie odpowiednich wartości pomiarowych.

### 2.2.4. Test nastawników

Test nastawników umożliwia włączanie poszczególnych nastawników za pomocą testera. Ta metoda jednak jest celowa tylko wtedy, kiedy istnieje możliwość sprawdzenia funkcji nastawnika przez wykonanie towarzyszących pomiarów za pomocą oscyloskopu, miernika uniwersalnego (multimetru) lub manometru. W przeciwnym razie wnioski z tego testu ograniczają się tylko do akustycznej oceny działania nastawnika. Warto wiedzieć, że przełącznik klika nawet wtedy, gdy jego styki są spalone.



Rys. 2.8

Przykład pomiaru kontrolnego potencjometru czujnika skoku zaworu EGR podczas przeprowadzania testu nastawnika na elektrycznym zaworze EGR (Renault 1,5 dCi).

Dopiero wtedy, kiedy pomiar napięcia w obwodzie roboczym potwierdzi, że obwód jest zasilany przez przełącznik bez spadku napięcia, można wnioskować o właściwym działaniu przełącznika. Na rysunku 2.8 przedstawiono sprawdzanie zaworu recyrkulacji spalin EGR na podstawie pomiaru kontrolnego. Wiele testerów ma możliwość odczytania odpowiednich wartości bieżących parametrów podczas testu nastawników.

### 2.2.5. Dopasowanie nowych części

Mimo wąskich tolerancji wykonawczych nowe części przed zamontowaniem powinny być dopasowane lub dane o ich tolerancjach wykonawczych należy wprowadzić do sterownika. Nowe wtryskiwacze po wykonaniu są sprawdzane przez producenta, który nadaje im odpowiedni kod kalibracji.

Po zamontowaniu wtryskiwacza, nawet w przypadku wcześniejszego jego wymontowania tylko w celu sprawdzenia, do sterownika należy wprowadzić ten kod. Pozostawienie w sterowniku starego kodu wtryskiwacza może być przyczyną nierównomiernej pracy silnika, a w skrajnym przypadku nawet jego uszkodzenia. Wprowadzając kod, należy zwrócić uwagę na numerację cylindrów lub numerację wtryskiwaczy. Dotyczy to zwłaszcza wtryskiwaczy Delphi, które są numerowane w kolejności zapłonu, tzn. na przykład w silniku czterocyldrowym zwykle

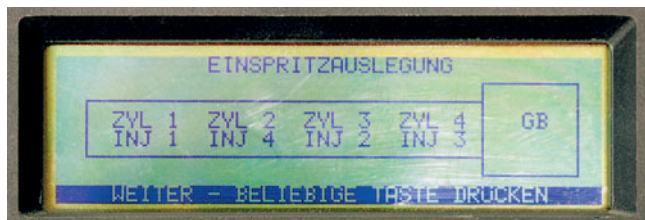
wtryskiwacz nr 2 jest zamontowany na trzecim cylindrze, który jest drugim cylindrem w kolejności zapłonu 1-3-4-2 (rys. 2.9). Warto też pamiętać, że w silnikach pojazdów francuskich numeracja cylindrów zaczyna się od kola zamachowego.

Również inne ruchome części, jak np. czujnik położenia pedału przyspieszenia, często po zamontowaniu powinny zostać dopasowane. Po doborze odpowiednich funkcji testera część kalibrowana musi osiągnąć położenia krańcowe, aby sterownik mógł je zapamiętać.

W pojazdach z adaptacją średniej wartości dawki, po wymianie części biorącej udział w procesie adaptacji, w sterowniku należy skasować poprzednie wartości adaptacyjne. Do takich części należą: czujnik ciśnienia paliwa w zasobniku, wtryskiwacze oraz masowy przepływomierz powietrza. Na przykład w pojazdach BMW funkcja ta nazywa się „skasować MMA”. Dotychczasowe funkcje zostały przynajmniej częściowo opanowane również przez testery przeznaczone dla wielu marek. Tak zwana funkcja „Flash”, czyli wgranie nowego oprogramowania do sterownika (tzw. przeprogramowanie sterownika), jest zastrzeżona dla warsztatu autoryzowanego, który otrzymuje wymagane oprogramowanie. Producenci testerów dla wielu marek powstrzymują się od tego ze względu na odpowiedzialność za produkt. Producenci pojazdów spełniających wymagania EURO 5 lub EURO 6 są zobowiązani do umożliwienia niezależnym warsztatom dostępu do danych

Rys. 2.9

Numeracja wtryskiwaczy Delphi następuje według kolejności zapłonu (Ford Mondeo 2,0 TDCi) EINSPRITZAUSLEGUNG – kolejność wtrysku; WEITER – BELIEBIGE TASTE DRÜCKEN – dalej – naciśnij dowolny klawisz; GB – skrzynka biegów, ZYL – cylinder, INJ – wtrysk



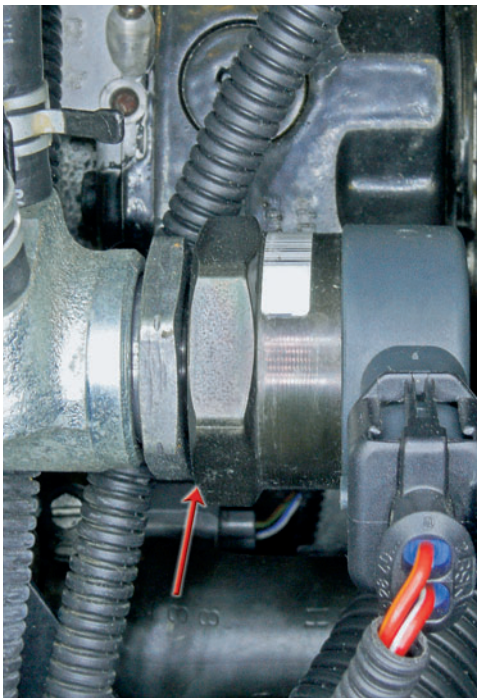
## 2 Wykrywanie usterek w układach wtryskowych Common Rail

W silnikach Mercedes wyposażonych w układ wtryskowy Common Rail pierwszej generacji należy sprawdzić pierścienie uszczelniające zaworu regulacyjnego wysokiego ciśnienia (rys. 2.24a i 2.24b). Te zawory regulacyjne wysokiego ciśnienia



Rys. 2.24b

Zielony pierścień uszczelniający oraz biały pierścień oporowy nie wytrzymały wysokiego ciśnienia

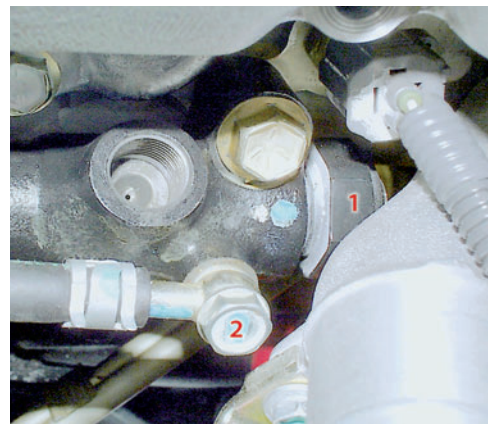


Rys. 2.24c

Zawory regulacyjne ciśnienia drugiej generacji można rozpoznać po podwójnym złączu gwintowym z nakrętkami sześciokątnymi (strzałka)

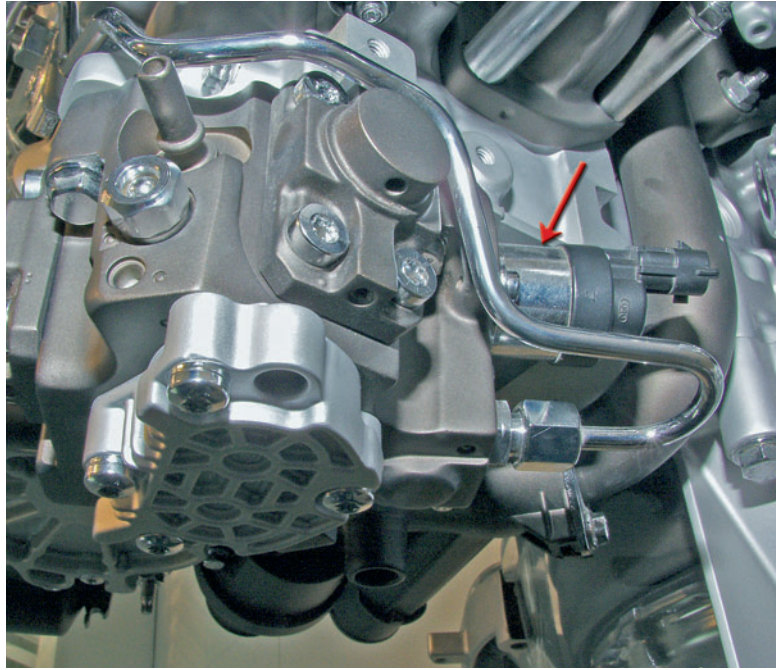
są przymocowane do zasobnika ciśnienia za pomocą dwóch śrub M6 typu Torx. W układach drugiej generacji pierścienie uszczelniające zastąpiono metalowym uszczelnieniem z tzw. krawędzią zacinającą. Można je rozpoznać po podwójnym złączu gwintowym z nakrętkami sześciokątnymi (rys. 2.24c). Złącze to po demontażu należy wymienić, ponieważ krawędź zacinająca nie dopasuje się ponownie do płaszczyzny uszczelniającej. Jeśli zawór regulacyjny wysokiego ciśnienia nie jest włączony, elektrycznie otwiera się przy ciśnieniu 6 MPa w układach Bosch lub 5 MPa w układach Siemens. Stałe ciśnienie paliwa w zasobniku podczas rozruchu silnika, wynoszące 6 MPa lub 5 MPa, wskazuje na elektryczną usterkę zaworu regulacyjnego wysokiego ciśnienia. Zależnie od producenta, zawory te włączają się przy współczynniku trwania impulsu 14 do 40%. Przy niemożności pomiaru współczynnika trwania impulsu należy sprawdzić rezystancję cewki i napięcie zasilania zaworu.

W układach nie wyposażonych w zawór regulacyjny wysokiego ciśnienia (Delphi,



Rys. 2.25a

Przy sprawdzaniu zaworu nadciśnieniowego (1) Denso z pompą HP2 należy ściągnąć przewód elastyczny z króćca przelewu (2)



Rys. 2.25b

Pompa wysokiego ciśnienia Bosch CP1H z zamontowanym poprzecznie zamkniętym bez prądu zaworem sterującym dawki (strzałka) w silniku Peugeot

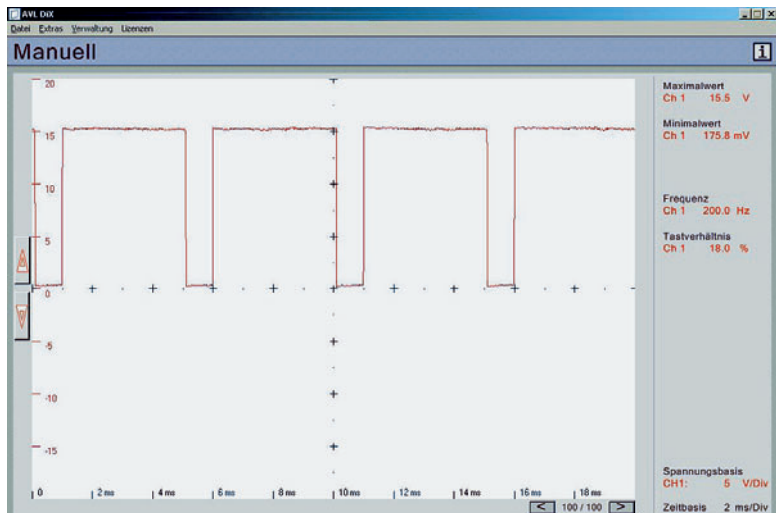
Denso z pompą HP2, Bosch Common Rail 2) mechaniczny zawór naciśnieniowy należy sprawdzić w taki sam sposób, jak zawór regulacyjny wysokiego ciśnienia. Podczas rozruchu silnika paliwo nie może wypływać z przyłącza

przelewowego zaworu naciśnieniowego (rys. 2.25a).

Jeśli nie wykryto żadnych usterek zaworu regulacyjnego wysokiego ciśnienia, należy sprawdzić zawór sterujący dawki. Należy przy tym wiedzieć,

Rys. 2.26

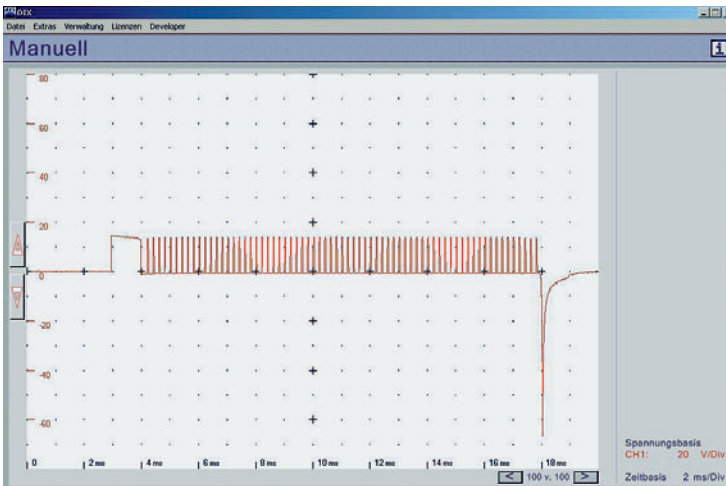
Współczynnik trwania impulsu zaworu sterującego dawki w układzie CR Siemens mierzony na biegu jałowym między przewodem sterującym i masą



## 2 Wykrywanie usterek w układach wtryskowych Common Rail

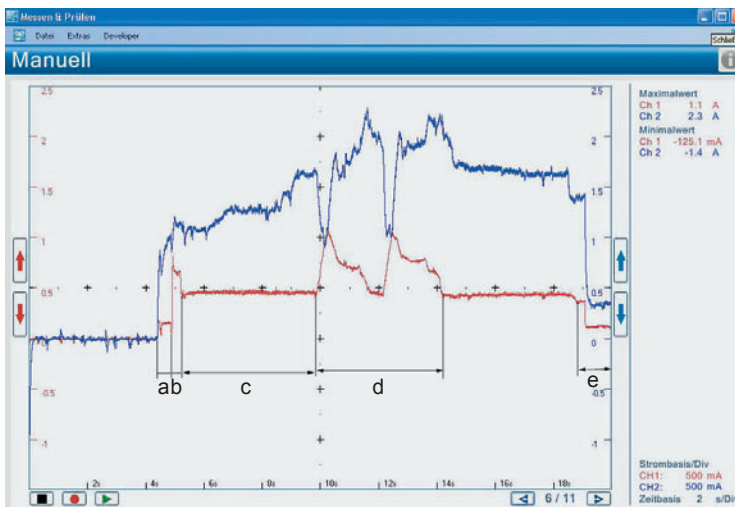
czy zawór ten bez prądu jest otwarty czy zamknięty (tabl. 1-1). W większości układów bez prądu jest on otwarty. Wyjątkami są: pompa Denso HP2, pompa Siemens oraz pompy Bosch CP3 i CP1H wyposażone w zawór sterujący dawki umieszczony prostopadle do wałka pompy (rys. 2.25b). Przy zaworze zamkniętym bez prądu silnik nie da się uruchomić, ponieważ pompa wysokiego ciśnienia nie jest zasilana paliwem. Podczas rozruchu

należy zatem sprawdzić, czy zawory są włączone elektrycznie (rys. 2.26 i 2.27). Zawory skoku ssania pompy Denso HP2 są dostępne jako oddzielny element i mogą być wymienione na zamontowanej pompie wysokiego ciśnienia. Zamiast współczynnika trwania impulsu za pomocą cęgów prądowych można zmierzyć prąd nastawnika. Pomiar cęgami prądowymi jest mniej pracochłonny niż wykorzystanie złącza elektrycznego do pomiaru współczyn-



Rys. 2.27a

Zawory skoku ssania pompy Denso HP2 są włączane przez połączenie „z plusem”. Przebieg napięcia mierzy się, podłączając przyrząd do obu styków złącza zaworu

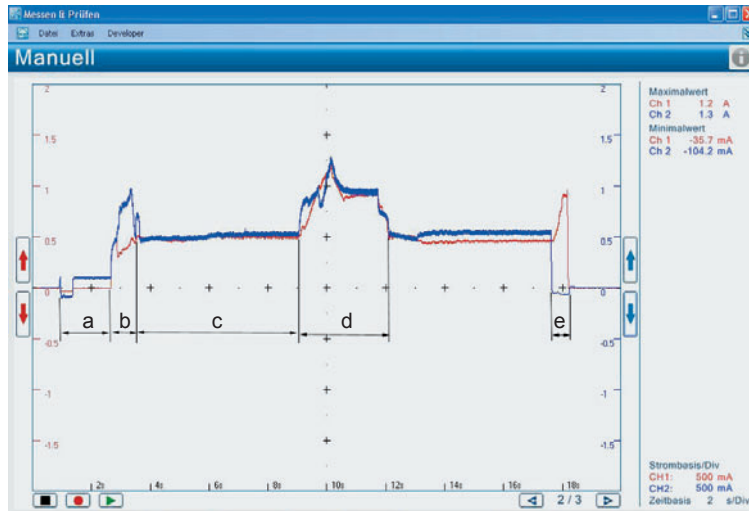


Rys. 2.27b

Przebieg prądu zaworu regulacyjnego wysokiego ciśnienia (kolor czerwony) oraz zaworu sterującego dawki (kolor niebieski). Zawór sterujący dawki pompy Bosch CP4.1 jest otwarty bez prądu (VW 2,0 TDI)  
a – zapłon włączony,  
b – rozruch,  
c – bieg jałowy,  
d – dwa szybkie naciśnięcia pedału przyspieszenia,  
e – zatrzymanie silnika

Rys. 2.27c

Przebieg prądu zaworu regulacyjnego wysokiego ciśnienia (kolor czerwony) oraz zaworu sterującego dawki (kolor niebieski). Zawór sterujący dawki pompy Continental (Siemens) jest zamknięty bez prądu (Peugeot 2,0 HDI) a – zapłon włączony, b – rozruch, c – bieg jałowy, d – dwa szybkie naciśnięcia pedału przyspieszenia, e – zatrzymanie silnika



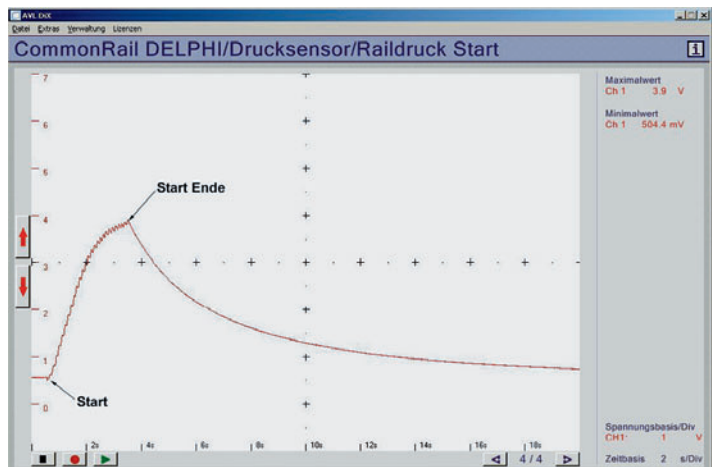
nika trwania impulsu (rys. 2.27b i 2.27c). W tabeli 2-1 podano wartości kontrolne dla najczęściej stosowanych pomp wysokiego ciśnienia. Należy je traktować jako orientacyjne. Przed podjęciem decyzji o drogiej naprawie zaleca się zasięgnięcie informacji u producenta pojazdu lub układu wtryskowego co do aktualnych wartości kontrolnych.

W układach wtryskowych Bosch Common Rail 2 i 3 oraz Denso z pompą

HP3 uszkodzony zawór sterujący dawki można wykryć dopiero po odczytaniu usterek zawartych w pamięci, ponieważ zawory regulacyjne wysokiego ciśnienia przejmują zadanie regulacji ciśnienia w zasobniku paliwa (szynie). W układach wtryskowych Bosch Common Rail 2 bez zaworu regulacyjnego wysokiego ciśnienia oraz w układach wtryskowych Delphi w przypadku awarii zaworów sterujących dawki wtryskiwacze nie są włączane.

Rys. 2.28

Sprawdzenie pompy wysokiego ciśnienia Delphi przy zdjętym wtyku zaworu dozującego. Po 3 sekundach na czujniku ciśnienia w zasobniku wystąpiło napięcie sygnału 3,9 V, co odpowiada ciśnieniu w zasobniku 150 MPa (wartość kontrolna wynosi ponad 110 MPa). Pompa jest więc sprawna. Ciśnienie w zasobniku po zakończeniu rozruchu spada. Układ wysokiego ciśnienia jest szczelny Start – rozruch, Start Ende – koniec rozruchu





Tablica 2-1 Wybrane parametry pomp wysokiego ciśnienia

Parametry pompy		Zawór regulacyjny wysokiego ciśnienia (PCV)			Zawór sterujący dawki (VCV)		
Typ / zastosowanie	Łłoczenie wstępne / zasilanie	Liczba tłoczków / ciśnienie maksymalne	Ciśnienie podtrzymujące bez prądu	Rezy-stancja [Ω]	TVH: LL/G [%]	Prąd nastawnika [A], LL/ G	Prąd nastawnika [A], LL/G
<b>Pompy wysokiego ciśnienia Bosch</b>							
CP1 / 1997	zewnątrzne / 0,3 – 0,4 MPa	3 / 135 MPa	6 MPa	2 – 3 Ω	LL: 16 – 20% G: 20 – 40%	LL: 0,6 – 0,8 A G: 1,0 – 1,8 A	–
CP3 / 2000	wewnętrzne lub zewnętrzne / 0,3 – 0,5 MPa	3 / 160 MPa	6 MPa	2 – 3 Ω	LL: 25 – 40% G: 50%	LL: 0,6 – 0,8 A G: 1,0 – 1,8 A	LL: 40 – 55% G: 30 – 50%
CP1H / 2005	wewnętrzne lub zewnętrzne / 0,3 – 0,5 MPa	3 / 180 MPa	6 MPa	2 – 3 Ω	LL: 16 – 20% G: 50%	LL: 0,6 – 0,8 A G: 1,0 – 1,8 A	LL: 20% G: 30 – 40%
CP4.1 / 2008	zewnątrzne / 0,4 – 0,45 MPa	1 / 200 MPa	0 MPa	3 – 5 Ω	LL: 16 – 20% G: 30 – 40%	LL: 0,4 – 0,8 A G: 1,0 – 1,8 A	LL: 30 – 40% G: 20 – 30%
CP4.2 / 2008	zewnątrzne / 0,4 – 0,45 MPa	2 / 200 MPa	0 MPa	3 – 5 Ω	LL: 16 – 20% G: 30 – 40%	LL: 0,4 – 0,8 A G: 1,0 – 1,8 A	LL: 30 – 40% G: 20 – 30%
<b>Pompy wysokiego ciśnienia Continental (Siemens)</b>							
DCP1 / 2000	wewnętrzne	3 / 160 MPa	5 MPa	2 – 4 Ω	LL: 12 – 18% G: 20 – 50%	LL: 0,3 – 0,5 A G: 1,2 – 1,6 A	LL: 16 – 20% G: 20 – 40%
DCP2 / 2006	wewnętrzne	2 / 160 MPa	5 MPa	2 – 4 Ω	LL: 14 – 16% G: 25 – 35%	LL: 0,3 – 0,5 A G: 1,0 – 1,6 A	LL: 18 – 22% G: 25 – 40%
<b>Pompy wysokiego ciśnienia Denso</b>							
HP2 / 2000	wewnętrzne	4 / 140 MPa	–	–	–	–	sterowanie czasowe: 12 – 20 ms
HP3 / 2003	wewnętrzne	2 / 180 MPa	5 MPa	1,0 – 1,5 Ω	LL: 18 – 22% G: 30 – 50%	LL: 160 – 80% G: 40 – 60%	–
<b>Pompy wysokiego ciśnienia Delphi</b>							
DFP1 / 2001	wewnętrzne / 0,55 – 80 MPa	1 lub 4 / 140 MPa	–	–	–	–	LL: 30 – 40% G: 20 – 25%
DFP2 / 2004	wewnętrzne lub zewnętrzne / 0,4 – 0,5 MPa	3 / 160 MPa	6 MPa	2 – 3 Ω	LL: 16 – 20% G: 30 – 40%	LL: 0,3 – 0,9 A G: 1,3 – 1,8 A	LL: 30 – 40% G: 20 – 30%
DFP3 / 2006	wewnętrzne / 0,4 – 0,5 MPa	2 / 200 MPa	6 MPa	2 – 3 Ω	LL: 16 – 20% G: 30 – 40%	LL: 0,3 – 0,8 A G: 1,3 – 1,8 A	LL: 30 – 40% G: 20 – 30%
DFP4 / 2010	zewnątrzne / 0,5 MPa	1 / 180 MPa	0 MPa	2 – 3 Ω	LL: 16 – 20% G: 30 – 40%	LL: 0,2 – 0,8 A G: 1,3 – 1,8 A	LL: 30 – 40% G: 20 – 30%

TVH (niem. Tastverhältnis) – współczynnik trwania impulsu, LL (niem. Leerlauf) – bieg jałowy, G – gwałtowne wciśnięcie pedału przyspieszenia.

Uwaga. Podane wartości nominalne należy traktować jako orientacyjne. Z powodu systematycznego wprowadzania zmian technicznych przez producentów mogą występować różnice. Przed podjęciem decyzji o naprawie należy zasięgnąć informacji odnośnie do wartości nominalnych u producenta pojazdu lub producenta układu wtryskowego.

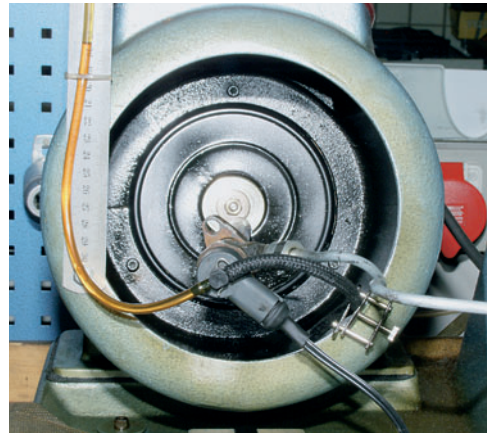
Jednakże następuje w nich niekontrolowany wzrost ciśnienia paliwa w zasobniku częściowo aż do otwarcia mechanicznego zaworu nadciśnieniowego.

Należy jednak unikać otwarcia zaworu nadciśnieniowego, który przez lata nie był otwierany, po otwarciu nie będzie właściwie się zamykał. Dlatego należy przerwać próby rozruchu silnika, jeśli ciśnienie w szynie jest znacznie wyższe od minimalnego (rys. 2.28).

### 2.3.2. Sprawdzenie hydrauliczne wtryskiwaczy

Nieszczelność w obwodzie wysokiego ciśnienia może być spowodowana również uszkodzeniem wtryskiwacza. Wtryskiwacz może wykazywać przecieki do komory spalania lub do przelewu paliwa. Nieszczelny rozpylacz prowadzi do ciągłego wtrysku paliwa, co objawia się twardym hałasem spalania oraz niebieskim zadymieniem spalin. Jeśli silnik nie daje się uruchomić, należy odłączyć przewody wysokiego ciśnienia od kolejnych wtryskiwaczy, zaślepiając ich wylot z zasobnika ciśnienia. Po odłączeniu uszkodzonego wtryskiwacza ciśnienie w zasobniku powinno wzrosnąć. Niebezpieczna jest nieszczelność rozpylacza do komory spalania. Jeśli kierowca nie usłyszy „twardego” spalania, może ona spowodować uszkodzenie silnika, najczęściej wypalenie denka tłoka.

Podejrzany wtryskiwacz po wymontowaniu należy zamocować w przyrządzie do sprawdzania wtryskiwaczy i przyłożyć najwyższe możliwe ciśnienie kontrolne (ok. 40 MPa). Z rozpylacza nie może wydostawać się paliwo, a na przelewie mogą być widoczne jedynie nieznaczne ilości paliwa. Żelazna zasada stanowi, że paliwo w przezroczystym przewodzie przelewowym może podnosić się co najwyżej



Rys. 2.29

*Linijka z podziałką milimetrową przyłożona do przezroczystego przewodu przelewowego wystarcza do pomiaru wydatku przelewu*

dwa milimetry na sekundę (rys. 2.29). Chcąc sprawdzić działanie wymontowanego wtryskiwacza, trzeba wyposażyć się w symulator kontrolny, za pomocą którego będzie włączany wtryskiwacz (rys. 2.30). W ten sposób można sprawdzić wtryskiwacz przy różnych częstotliwościach i czasach trwania wtrysku, jak również ocenić jakość rozpylania, obserwując strumienie wtryskiwanego paliwa (rys. 2.31). Z powodu wysokiej ceny na takie wyposażenie mogą sobie pozwolić jednak tylko warsztaty zajmujące się naprawą układów wtryskowych.

### 2.3.3. Pomiar wydatku przelewu

Wydatek przelewu paliwa można łatwo sprawdzić bez wymontowywania wtryskiwacza. Składa się on z dawki sterującej wymaganej do uruchomienia wtryskiwacza oraz przecieków paliwa, które mogą występować w igle rozpylacza i zaworze sterującym. W przypadku wybitej

## 2 Wykrywanie usterek w układach wtryskowych Common Rail

igły rozpylacza lub nieszczelnego zaworu sterującego przecieki paliwa mogą być tak duże, że pompa wysokiego ciśnienia nie będzie w stanie wytworzyć wymaganego

ciśnienia w zasobniku. Wówczas silnik może nie dać się uruchomić lub trudno się uruchamia dopiero po dłuższym rozruchu.

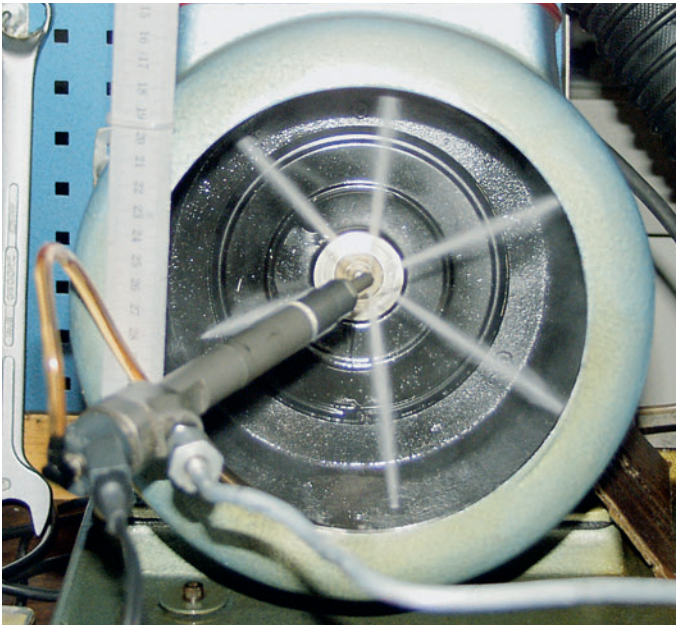
Na mniejsze przecieki silnik reaguje utratą mocy przy pełnym obciążeniu. Uszkodzony wtryskiwacz można szybko zlokalizować, mierząc wydatek przecieku paliwa podczas rozruchu lub pracy na biegu jałowym. Do tego pierwszego pomiaru potrzeba kilku odcinków przezroczystego przewodu paliwowego oraz końcówki przyłączeniowej do przelewu danego wtryskiwacza. Wtryskiwacze Siemens i Delphi mają króciec przelewu o średnicy czterech milimetrów, na który bezpośrednio można nałożyć przewód (patrz rys. 1.13 i 1.21). Wyjątkiem są wtryskiwacze Delphi silnika Ford o pojemności skokowej 2 dm<sup>3</sup> (rys. 2.32).

Wtryskiwacze Bosch występujące w układach Common Rail 1 i 2 mają jednokowe podłączenie przelewu. Wtryskiwacze piezoelektryczne Bosch układu wtryskowego Common Rail 3 mają specjalne złącza przelewowe.



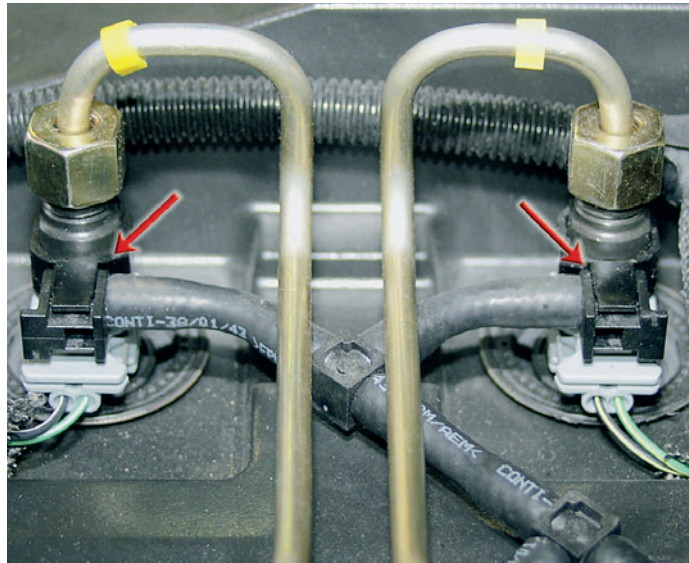
Rys. 2.30

Do sprawdzania wtryskiwaczy producenci wyposażenia oferują specjalne symulatory



Rys. 2.31

Prawidłowo działający wtryskiwacz podczas obciążenia kontrolnego



Rys. 2.32

Wtryskiwacze Delphi silnika Ford o pojemności skokowej 2 dm<sup>3</sup> mają specjalne złącza przelewowe (strzałki)

Nie należy zapominać, że przed odłączeniem należy ściągnąć do góry nasadkę mocującą (rys. 2.33). Pod warunkiem zachowania krótkiego czasu pomiaru wydatku przelewu wtryskiwacze piezoelektryczne Bosch nie wymagają występowania przeciwności 1 MPa (rys. 2.34). W przypadku nierównomiernej pracy silnika należy sprawdzić (między złączką pośrednią a manometrem), czy zawór przelewowy utrzymuje ciśnienie 1 MPa. Wahania ciśnienia między 0,8 a 1,2 MPa są zjawiskiem normalnym (rys. 2.35). Dla wtryskiwaczy piezoelektrycznych Bosch w silnikach samochodów BMW i Mercedes-Benz ciśnienie przelewu wynosi 0,5 MPa. Dla tych wtryskiwaczy zaleca się dokonanie pomiaru wielkości przecieku w zamkniętym układzie za pomocą pływaków. W ten sposób układ można sprawdzić w stanie oryginalnym w różnych warunkach pracy i jednocześnie mierzyć ciśnienie przelewu z wtryskiwaczy (rys. 2.35).

Króćce przyłączeniowe można zakupić w firmach oferujących wyposażenie

warsztatowe. Alternatywnym rozwiązaniem może być zakup kompletnego oryginalnego przewodu przelewowego oferowanego jako część zamienna. Firmy wyposażenia warsztatowego oferują również zestawy wyposażenia umożliwiające dokładne pomiary wydatku (rys. 2.36). Dla wtryskiwaczy układów Bosch Common Rail 1 i 2 rurki pomiarowe można nałożyć bezpośrednio na przelew paliwa (rys. 2.37a). Nowe wtryskiwacze elektromagnetyczne Bosch mają zmienione złącza przelewowe (rys. 2.37b). Po podłączeniu przewodów pomiarowych przewód przelewowy należy zamocować zaciskiem, aby paliwo z przelewu pompy wysokiego ciśnienia nie wypływało do komory silnika.

Podczas rozruchu silnika lub na biegu jałowym obserwuje się zwykle powoli rosnące słupki paliwa i porównuje się je wzajemnie. Po wypełnieniu pojemnika w większości przypadków uszkodzony wtryskiwacz można rozpoznać nawet bez znajomości wartości znamionowych, bowiem ma on znacznie większy wydatek przelewu niż pozostałe wtryskiwacze. Firma Bosch ogło-



Rys. 2.50a

W specjalistycznych punktach sprzedaży oferuje się cęgi prądowe dostosowane do różnych potrzeb

dotyczy rezystorów grzejnych układu świec żarowych oraz sondy lambda. Kto chce wykorzystywać cęgi prądowe do współpracy z oscyloskopem, przy ich zakupie powinien zwrócić uwagę na to, czy cęgi dostatecznie szybko zareagują na przebieg prądu (częstotliwość minimalna 1 kHz).

Bezstykowe pomiary prądu wykorzystuje się do sprawdzania wtryskiwaczy lub elementów, w których występują taktowane sygnały prądowe, jak np. zawory elektromagnetyczne lub obwód podgrzewania sondy lambda (rys. 2.51a, 2.51b i 2.52).

Wielofunkcyjny miernik uniwersalny (multimetr) ma tę wadę, że za jego pomocą można określać tylko te wielkości pomiarowe, które się nie zmieniają lub zmieniają się wolno, na przykład napięcie akumulatora.

Przy szybkich zmianach napięcia i prądu multimetr jest bezradny, ponieważ dokonuje tylko dwóch do trzech pomiarów na sekundę. Do pomiaru sygnałów szybkozmiennych lub krótkotrwałych przerw spowodowanych chwiejnym stykiem jest



Rys. 2.50b

Skutek źle wykonanej czynności. Z powodu brakującej opaski przewodów nastąpiło przetarcie przewodu wtryskiwacza (strzałka) o głowicę silnika, co przy silnych drganiach silnika doprowadziło do jego zatrzymania

niezbędny oscyloskop. Jest on najcięższą bronią przeciwko, jak się to potocznie określa, „miedzianym robakom”. Kto

wcześniej był mechanikiem radiowo-telewizyjnym, za pomocą standardowego oscyloskopu może osiągać dobre wyniki. Dla normalnego warsztatowca zaleca się przyrząd, który za pomocą wcześniej przygotowanego menu i obrazów odniesienia pomaga w doborze parametrów oscyloskopu i ocenie obrazów (rys. 2.53 i 2.54). Producent przyrządu diagnostycznego nie jest w stanie przewidzieć wszystkich sytuacji pomiarowych, dlatego powinno istnieć uniwersalne menu, które można szybko dostosować do indywidualnych wymagań.

Idealny byłby przyrząd wyposażony w menu z funkcją automatycznego dopasowywania zakresów pomiarowych, czyli z możliwością automatycznego dostosowywania osi napięcia i osi czasu do kształtu mierzonego sygnału.

Oscyloskopy oferuje się jako przyrządy przenośne lub wyposażenie stacjonarnych przyrządów diagnostycznych. Wybór zależy od potrzeb kupującego. Przyrządy przenośne można zastosować również podczas jazdy próbnej. Przyrządy stacjonarne mają za to duże wyświetlacze. Pewnym kompromisem są przyrządy, które mogą być podłączane przez wejście USB do komputera PC. Wykorzystując komputer przenośny (laptop) można ich również używać podczas jazdy próbnej.

W praktyce często największy problem stanowi prawidłowe podłączenie do danego punktu pomiarowego. Dobrym rozwiązaniem jest wykorzystanie skrzynki połączeń z odpowiednio dopasowanymi gniazdami (ang. *Breakout Box*) lub końcówek przystosowanych do danego zespołu lub części.

Przy dużej różnorodności współcześnie stosowanych złączy wtykowych zakup skrzynki połączeń jest uzasadniony tylko w warsztatach autoryzowanych. Dla niezależnego warsztatu, wobec dużej różnorodności obsługiwanych marek, byłby on

nieuzasadniony ekonomicznie. Natomiast celowy jest zakup walizki pomiarowej (rys. 2.57) oferowanej przez wielu producentów wyposażenia diagnostycznego. Korzystając z jej różnych złączy wtykowych, dla każdej części można dobrać odpowiedni adapter i dokonywać pomiarów na pracującym silniku. Na sterowniku jest możliwe dokonywanie tylko pomiarów napięcia i rezystancji. Do dokonywania pomiarów na sterowniku przy pracującym silniku są niezbędne tzw. igły pomiarowe SMD. Za pomocą takiej cienkiej igły o średnicy jednego milimetra można bowiem ostrożnie przebić osłonę gumową złącza wtykowego, wytwarzając elektryczny styk. Nie powinno się uzyskiwać dostępu do wtyku za pomocą grubych końcówek pomiarowych lub nakładać na przewód zacisku po usunięciu fragmentu izolacji, ponieważ takie sposoby są przyczyną uszkodzeń wtórnych. Podczas demontażu często można natomiast poluzować opaski przewodów w celu uzyskania lepszego dostępu do mierzonego elementu.

Jeśli po zakończeniu pracy zapomni się o prawidłowym zamocowaniu poluzowanej wiązki, może to spowodować powstanie styku chwiejnego, zwarcie do masy lub inne usterki, które wystąpią wprawdzie dopiero po dłuższym czasie (rys. 2.50b), lecz w przyszłości będą wymagały pracochłonnego poszukiwania przyczyny. Należy zatem przyzwyczaić się do tego, aby po zakończeniu pracy starannie umocowywać wiązki przewodów.

### 2.3.5.2. Sprawdzanie czujników

Czujniki są przetwornikami pomiarowymi, które zamieniają wielkości pomiarowe, takie jak ciśnienie, temperatura, na wielkości elektryczne, takie jak napięcie, częstotliwość lub współczynnik trwania impulsu. Rozróżnia się czujniki aktywne i pasywne.

## Funkcje oscyloskopu

### Oś napięcia

Oscyloskop obrazuje przebieg napięcia w funkcji czasu.

Oś napięcia: zwykle jest to pionowa oś z linią podzieloną na dziesięć odcinków nazywanych działkami (ang. *divisor* lub *div*). Ustalając mierzone napięcie na 1 działkę (jednostka: V/div) wybiera się wartość napięcia, które oscyloskop może wyświetlić. Przy działce napięcia 2 V/div oscyloskop może wskazać maksymalne napięcie 20 V. Dla napięcia zmiennego (na przykład napięcia indukcyjnego czujnika GMP) oś zerową ustawia się w środku ekranu. Dzięki temu przy działce 2 V/div można odwzorować napięcia dodatnie i ujemne w zakresie do 10 V. Za pomocą oscyloskopu można mierzyć napięcie od 20 mV/div do 50 V/div.

### Oś czasu

Pozioma oś czasu również jest podzielona na dziesięć odcinków. Dobry oscyloskop powinien mieć podziałkę czasu od 10  $\mu$ s/div do 60 s/div. Ekstremalnie krótkie czasy przewidziano do zapisu szybkich sygnałów magistrali transmisji danych CAN. Jeśli oscyloskop nie ma specjalnie przygotowanego menu dla pomiarów na silniku, należy wybrać podziałkę 20 ms/div. W tym czasie można wyświetlać przebiegi parametrów prędkości obrotowej biegu jałowego przypadające na dwa obroty wału korbowego. Po ukazaniu się obrazu należy przeskalować oś czasu tak, aby sygnał był wyraźnie widoczny. Przy wyborze oscyloskopu należy zwracać uwagę nie tylko na zakres osi czasu, lecz także na szerokość pasma oraz częstotliwość próbkowania (czyli pobierania chwilowych wartości wielkości szybkozmiennych). Przy szerokości pasma co najmniej 20 MHz i częstotliwości próbkowania ponad  $50 \times 10^6$  próbek/s można zapisywać nawet szybkie sygnały przesyłane magistralą szeregową transmisji danych (CAN).

### Próg wyzwalania

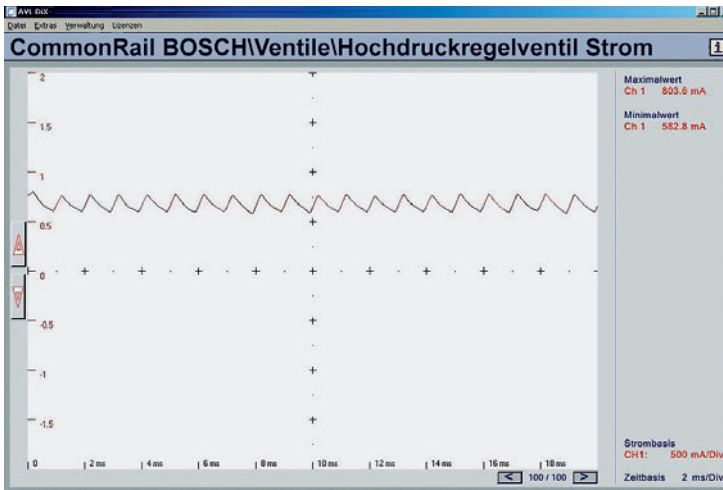
Próg wyzwalania (ang. *trigger*) oznacza wartość napięcia, przy której oscylator zaczyna zapis przebiegu napięcia. Poziom ten powinien znajdować się zwykle w środku między najwyższą i najniższą wartością napięcia. Umożliwia on uzyskanie zatrzymanego (stabilnego) obrazu. Jeśli próg wyzwalania znajduje się poza tym zakresem, oscyloskop nie pokazuje przebiegu napięcia lub pokazuje go nieregularnie. Dla oscyloskopu dwukanałowego należy ustalić, jaki sygnał jest wykorzystywany do wyzwalania.

### Zbocze wyzwalania

Chcąc rozpocząć rejestrację sygnału od narastającego napięcia, należy wybrać zbocze narastające. Przy wyborze zbocza opadającego rejestrację rozpoczyna się od opadającego napięcia. Wybór rodzaju zbocza wyzwalania zależy od kształtu sygnału i przy wcześniej ustalonym menu, jak próg wyzwalania, jest już ustalony. Mając możliwość indywidualnego ustalenia, próg i zbocze wyzwalania wybiera się na podstawie obrazu odniesienia, zapewniając stojący obraz odwzorowujący pełną wielkość sygnału.

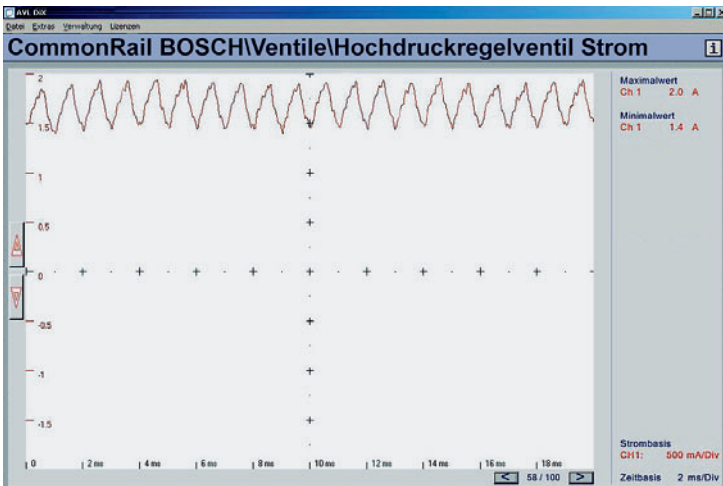
### Oscyloskop jedno- i dwukanałowy

Za pomocą liczby kanałów jest ustalana liczba przebiegów napięcia, którą oscyloskop może wyświetlać równocześnie. Zwykle w technice samochodowej wykorzystuje się oscyloskopy dwukanałowe. Do specjalnych celów oferuje się oscyloskopy nawet dwunastokanałowe. Z uwagi na cenę przyrządu oraz wysokie czasy uzbrojenia stanowiska pomiarowego (podłączenie trzynastu przewodów) w praktyce taki rodzaj pomiaru jest jednak rzadko stosowany. Oscyloskop dwukanałowy jest przydatny do porównania sygnałów na przykład czujników GMP i wału rozrządu (rys. 2.55) lub zaworu recyrkulacji spalin i czujnika skoku tego zaworu (rys. 2.56). Przy zastosowaniu oscyloskopu dwukanałowego osie sygnałów można ustalić oddzielnie dla każdego kanału. Oś czasu może być wybrana jednakowa dla obu kanałów.



Rys. 2.51a

*Pomiar prądu sterującego zaworu regulacyjnego wysokiego ciśnienia na biegu jałowym*



Rys. 2.51b

*Przy gwałtownym wciśnięciu pedału przyspieszenia prąd sterujący zaworu z rys. 2.51a zwiększa się z 0,7 A do 1,7 A*