

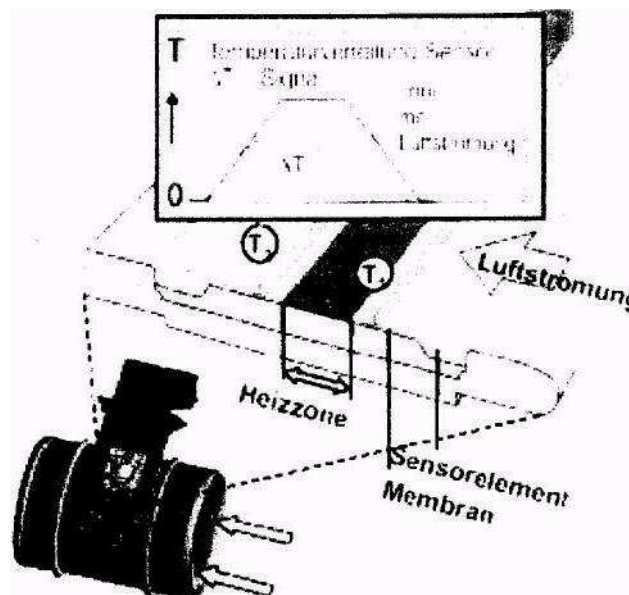
## Program BENEFIT

### Materiały szkoleniowe

### DIAGNOSTYKA CZUJNIKÓW

### W POJAZDACH SAMOCHODOWYCH

#### Cz.I



Akademia Techniki Samochodowej AD

AD POLSKA  
czerwiec 2006  
Sławomir Olszowski

## SPIS TREŚCI

1.Wprowadzenie.....	3
2.Czujniki prędkości obrotowej wału korbowego.....	4
2.1 Czujnik magnetoindukcyjny .....	4
2.2 Czujnik Halla-jako czujnik położenia wału korbowego.....	5
3.Czujniki położenia wałka rozrządu .....	6
4. Czujniki temperatury.....	7
4.1. Czujnik temperatury płynu chłodzącego NTC - o ujemnym współczynniku temperaturowym (NTC-Negative Temperature Coefficient).	
4.2. Czujnik temperatury powietrza .....	8
4.3.Czujnik temperatury oleju silnikowego.....	10
4.4. Czujnik temperatury paliwa .....	10
5.Czujnik ciśnienia układu dolotowego MAP.....	10
6. Czujnik ciśnienia atmosferycznego .....	11
7. Czujnik tlenu (sonda lambda).....	11
7.1. Sonda lambda napięciowa .....	12
7.2.Sonda lambda rezystancyjna (tytanowa).....	13
7.3 Układ wydechowy z dwiema sondami lambda .....	14
7.4. Sondy uniwersalne.....	15
8. Czujnik spalania stukowego.....	16
9. Przepływomierz masowy powietrza .....	16
9.1. Budowa masowego przepływomierza powietrza HFM5 .....	17
9.1.1. Wizualizacja procesu pomiarowego przepływomierza.....	17
9.1.2. Problemy eksploatacyjne.....	18
9.1.3 Problemy diagnostyczne.....	18
9.2 Przepływomierz cyfrowy HFM6.....	19
9.4. Przepływomierz ultradźwiękowy Karmana.....	20
10 Literatura.....	21



W schematach funkcjonalnych możemy napotkać oznaczenia czujników na podstawie ich stopnia integracji.

SE - czujnik lub grupa czujników



SA - obróbka analogowa sygnału

A/D - przetwornik analogowo cyfrowy

SG - sterownik cyfrowy

MC - mikrokomputer

Oznaczenia te mogą być przyporządkowywane do jednego układu sterującego zależnie od stopnia integracji czujnika, np.:

SE	SA		MC	III
SE			II	
SE		I – stopień integracji czujnika		
SE		tradycyjny		

## 2. Czujniki prędkości obrotowej wału korbowego

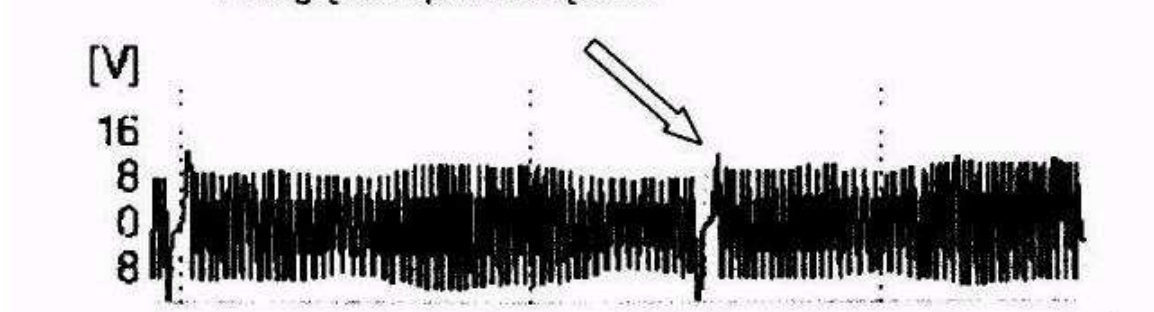
Są umieszczone w miejscu umożliwiającym pomiar kąta obrotu  $\angle P$  wału korbowego lub prędkość kątową  $\dot{\alpha}$  (przebyta drogę w jednostce czasu). Pomiar ten jest względny. Układ pomiarowy składa się z czujnika i koła zębatego.

### 2.1. Czujnik magnetoindukcyjny

Przetwornik magnetyczny na wale korbowym. Nie wymaga zewnętrznego zasilania. Poprawność działania można sprawdzać po odłączeniu od instalacji samochodu. Odległość pomiędzy końcówką czujnika a kołem impulsowym wynosi najczęściej 0,8-1,2 mm. Sprawdzamy oporność uzwojenia z instrukcją serwisową oraz wartość indukowanego napięcia. Opór czujnika mieści się zwykle w granicach 200-9000 (sprawdzaj prawidłowe wartości w instrukcjach serwisowych). Wartość napięcia indukowanego przez czujnik podczas rozruchu powinna być wyższa niż 0,8V. Można go sprawdzać zwykłym multimetrem ( $\Omega$ , V) oraz oscyloskopem - pełny przebieg sygnału.

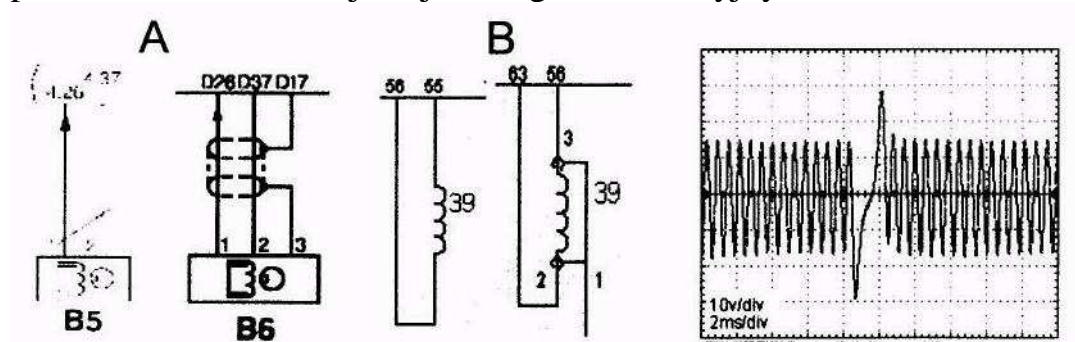


Przebieg z przesunięciem



Rys. 2. Obraz oscyloskopowy czujnika indukcyjnego obrotów wału korbowego. Przebieg z przesunięciem na oscylogramie występuje ze względu na usunięcie zęba/zębów na kole zębatym lub brak wrębu zęba. Miejsce przebiegienia informuje sterownik o położeniu tłoka w pierwszym cylindrze. W różnych silnikach wartość tego kąta w stosunku do położenia GMP pierwszego cylindra może być

różna. Dla przykładu w silniku VW 1,8 20V typ AGN występuje  $78^\circ$  przed GMP zaś w silniku 2,3 25 V typ AGZ -  $172^\circ$  przed GMP. Może mieć dwa lub trzy styki. W przypadku trzystykowego styk dodatkowy jest ekranem przewodów cewki. Na schematach literatury serwisowej Vivid WorkShopCD posiada zawsze nr 39 -jeśli jest magnetoindukcyjny.

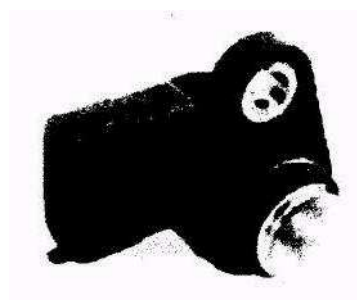


Rys. 3. Czujnik magnetoindukcyjny położenia wału korbowego - dwu i trzystykowy jako element systemu w układzie z ECU. A- wg schematów Bosch, B - Vivid WorkShopCD

W przypadku awarii czujnika, silnika nie da się uruchomić a jeżeli pracował zatrzyma się.

## 2.2 . Czujnik Halla -jako czujnik położenia wału korbowego

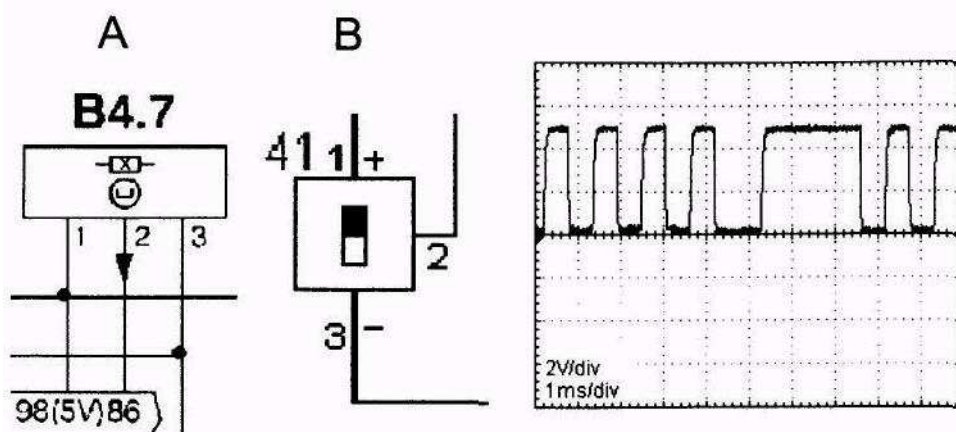
Są samochody, w których jako czujników położenia wału korbowego wykorzystuje się czujniki Halla (np. niektóre modele BMW). Do precyzowania położenia wału korbowego wykorzystywane jest zjawisko Halla - w przewodzie przez który płynie prąd elektryczny, strumień elektronów zostaje odchylony przez zewnętrzne pole magnetyczne prostopadle do kierunku przepływu prądu i prostopadle do kierunku pola magnetycznego.



Czujniki posiadają trzy styki. W samochodach europejskich dwa zewnętrzne to zasilanie zaś styk środkowy to sygnał. W niektórych pojazdach amerykańskich styki mają inną kolejność ( np.Chrysler Neon), pierwsze dwa to zasilanie, styk 3 - sygnałowy. Można go diagnozować za pomocą oscyloskopu. Użycie zwykłego multimetru spowoduje uszkodzenie czujnika.

Na schematach literatury serwisowej Vivid WorkShopCD [7] czujnik Halla wykorzystywany jako czujnik do ustalania położenia wału korbowego jest oznaczony zawsze nr 41. Przykłady oznaczeń oraz obraz oscyloskopowy przedstawiono na rys. 4.



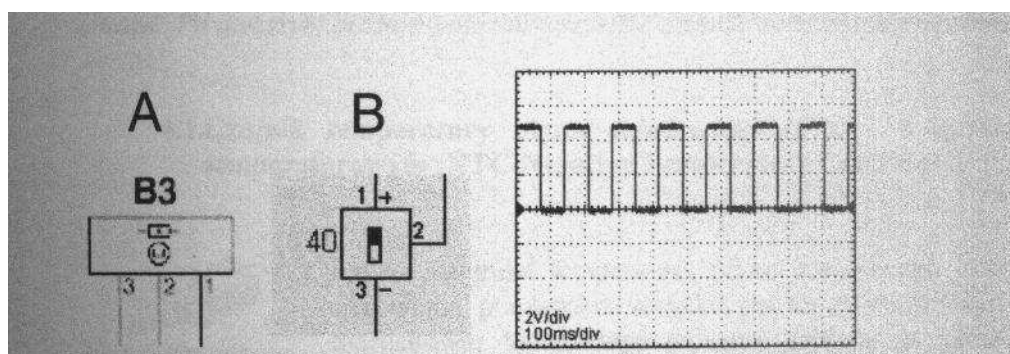


Rys. 4. Czujnik halla położenia wału korbowego -jako element systemu w układzie z ECU.

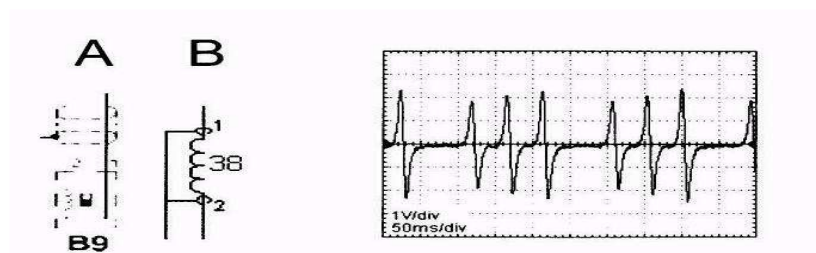
A- wg schematów Bosch, B - Vivid WorkShopCD.

### 3. Czujniki położenia wałka rozrządu

Służą do identyfikacji kolejnego cylindra wchodzącego w suw pracy. Są wykorzystywane do: sterowania zapłonem, kontroli spalania stukowego, sekwencyjnego wtrysku paliwa, do sterowania zmiennych faz rozrządu. W przypadku uszkodzenia czujnika położenia wałka rozrządu kontrola spalania stukowego będzie nieaktywna a silnik pod obciążeniem będzie pracował z opóźnieniami kąta wyprzedzenia zapłonu (Motronic) ok.  $3^\circ$  na każdy cylinder (4 cylindrowy silnik  $12^\circ$ ). Najczęściej czujnikami położenia wałka rozrządu są czujniki Halla opisane wcześniej. Na schematach literatury serwisowej Vivid WorkShopCD [7] czujnik Halla położenia wałka rozrządu posiada zawsze nr 40 a nie jak przy czujniku położenia wału korbowego 41.



Rys. 5. Czujnik halla położenia wałka rozrządu -jako element systemu w układzie z ECU. A- wg schematów Bosch, B - Vivid WorkShopCD. Są samochody, w których jako czujników położenia wałka rozrządów wykorzystuje się czujniki indukcyjne (np. niektóre modele firmy TOYOTA, BMW). Na schematach literatury serwisowej Vivid WorkShopCD [7] czujnik magnetoindukcyjny położenia wałka rozrządu posiada zawsze nr 38 a nie jak przy czujniku położenia wału korbowego 39.



Rys. 6. Czujnik magnetoindukcyjny położenia wałka rozrządu -jako element systemu w układzie z ECU. A- wg schematów Bosch, B - Vivid WorkShopCD. Wszystkie czujniki Halla muszą być zasilane. Dlatego podstawową kontrolą przy braku właściwego obrazu oscyloskopowego jest pomiar napięcia na wiązce przewodów dochodzącej do czujnika Halla. Napięcie zasilania to 5 lub 12V. *Sprawdzaj prawidłową wartość napięcia w instrukcji serwisowej.*

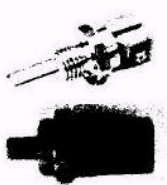
#### 4. Czujniki temperatury

Zadaniem czujników temperatury jest dostarczenie informacji do sterownika o rzeczywistej temperaturze: płynu chłodniczego, temperaturze powietrza zasysanego, temperaturze paliwa, oleju silnikowego, temperaturze zewnętrznej, temperaturze wnętrza, temperaturze parownika w klimatyzatorze, spalin, okładzin hamulców czy powietrza w oponach.

Czujnikami temperatury są: rezystory o ujemnym współczynniku temperaturowym (NTC- Negative Temperature Coefficient) rzadziej o dodatnim współczynniku temperaturowym (PTC- Positive Temperature Coefficient).

Uwaga: Po dłuższym postoju pojazdu wszystkie czujniki temperatury- powinny wskazywać taka sama wartość.

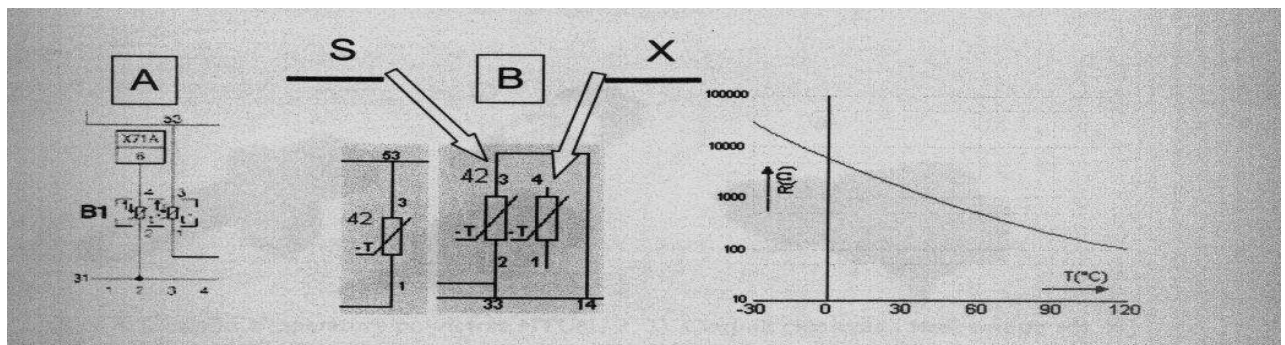
##### 4.1.Czujnik temperatury płynu chłodzącego NTC - o ujemnym współczynniku temperaturowym (NTC-Negative Temperature Coefficient)



Sygnal czujnika temperatury płynu chłodzącego jest wykorzystywany do sterowania: początkiem wtrysku, dawką wtryskiwanego paliwa w tym dawką rozruchową, kątem wyprzedzenia zapłonu w silnikach Zł oraz kątem wyprzedzenia wtrysku w silnikach ZS ze sterowaniem elektronicznym EDC. usuwaniem par paliwa ze zbiornika z węglem aktywnym, do

stabilizacji pracy na biegu jałowym oraz uruchamiania wtrysku powietrza dodatkowego do kolektora wydechowego.

Wraz ze wzrostem temperatury silnika, występuje zmniejszenie rezystancji czujnika temperatury. Często wartości oporu czujnika kształtują się w zakresach: 2-3 kΩ dla 20 °C oraz 200-3000 Ω dla 90°C. Nie można jednak polegać na tych wartościach, gdyż występują czujniki o znacznie różniących się charakterystykach. Dla przykładu w samochodzie Citroen C5 silnik 1,8 16V - EW7J4 (6FZ) wartości te wynoszą odpowiednio: 5-6 kΩ dla 20°C oraz 500-6000 Ω dla 80°C.



Rys. 7. Czujnik temperatury płynu chłodniczego - jako element systemu w układzie z ECU. A- wg schematów Bosch, B - Vivid WorkShopCD. S- linia sterownika silnika, X-linia wskaźnika temperatury na tablicy wskaźników. X71A - złącze niebieskie na tablicy wskaźników, pin 8 (Audi A3, 74kW, AKL).

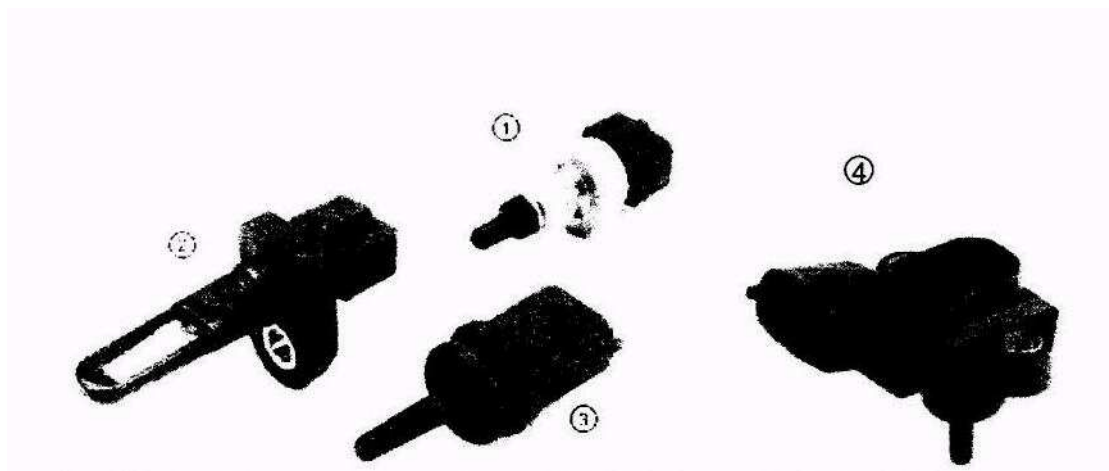
Kontrola czujnika temperatury polega na sprawdzeniu wartości napięcia zasilania na złączu wiązki elektrycznej silnika, pomiarze rezystancji czujnika i odniesieniu jej do rzeczywistej temperatury silnika zmierzonej za pomocą dodatkowego urządzenia, pomiarze oporu przewodów pomiędzy czujnikiem a sterownikiem silnika. W każdym przypadku badając „drożność” wiązki przewodów wartość oporu powinna być mniejsza niż 1Q. Zmiana rezystancji czujnika powoduje spadek napięcia na czujniku temperatury. Zakres przewidywanej eksploatacji pojazdu przewiduje się w temperaturach od  $-40^{\circ}\text{C}$  do  $+140^{\circ}\text{C}$ . Dla takich temperatur wartość spadku napięcia na czujniku mieści się w dopuszczalnym zakresie 0.5V do 5V. Sterownik ECU taki stan uznaje za właściwy. Gdy spadek napięcia przekroczy dopuszczalny zakres sterownik może wykryć uszkodzenie.

Przy uszkodzeniu obwodu czujnika polegającym na zmianie rezystancji czujnika i/lub połączeń wtykowych obwodu (utlenienie się styków połączeniowych) całkowita wartość rezystancji obwodu „widziana” przez sterownik się zwiększa. Dodają się bowiem opory czujnika i opory kolejnych połączeń wtykowych do siebie (połączenie szeregowo). Jeżeli wartość sumaryczna oporu mieści się w normalnym zakresie pracy czujnika system samodiagnozy nie wykryje uszkodzenia i przy odczycie pamięci błędów serwisowy komputer diagnostyczny wykaże „ilość usterek-0.” Wynikiem takiej sytuacji będzie zwiększone zużycie paliwa. Uszkodzenie czujnika temperatury może być wykryte wyłącznie w przypadku: nieprawdopodobnego sygnału, przerwy w obwodzie, zwarcia do masy lub zwarcia do plusa.

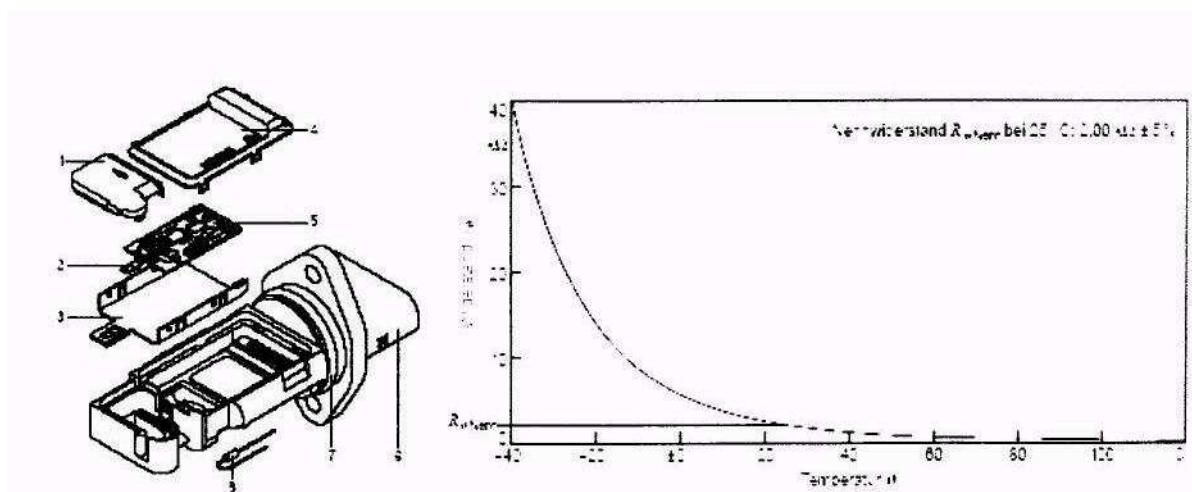
#### 4.2. Czujnik temperatury powietrza

Czujnik temperatury powietrza zainstalowany jest w układzie dolotowym; może być wbudowany do masowego przepływomierza powietrza, może być zintegrowany z czujnikiem ciśnienia w kolektorze dolotowym lub może być niezależny. W samochodach z turbodoładowaniem mogą być zamontowane dwa czujniki temperatury powietrza, jeden jest zintegrowany z czujnikiem ciśnienia powietrza w kolektorze dolotowym (np. Audi A3 silnik AQA - 1,8 20VT, układ Motronic ME 7,5 wersja od 2000 r.).



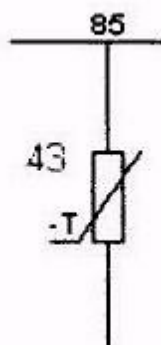


Rys. 8. Czujniki temperatury powietrza NTC(1, 2, 3). Czujnik ciśnienia i temperatury (4). [5]



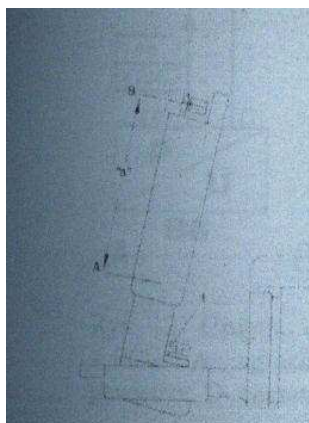
Rys. 9. Przepływomierz masowy powietrza z czujnikiem temperatury powietrza. 1- pokrywa kanału pomiarowego, 2- sensor, 3- blacha nośna, 4- pokrywa kanału hybrydowego, 5- układ hybrydowy, 6- złącze wtykowe, 7- ring, 8- czujnik temperatury powietrza.

Charakterystyka czujnika temperatury powietrza. [7]



Rys. 10. Czujnik temperatury powietrza na schematach programu Vivid WorkShopCD Czujnik temperatury powietrza w systemie z czujnikiem ciśnienia dolotowego lub doładowania dostarcza informację do sterownika w celu obliczenia ilości recyrkulowanych spalin oraz regulacji ciśnienia doładowania. Czujnik ten pracuje w zakresie temperatury powietrza od (- 40°C do 120°C). Na schematach instalacji elektrycznej Vivid WorkShopCD jest oznaczany symbolem 43 (rys. 10) zaś w połączeniu z czujnikiem ciśnienia powietrza w kolektorze 63 (rys.12C).

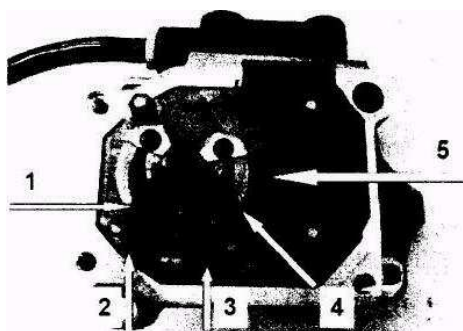
### 4.3. Czujnik temperatury oleju silnikowego



Rys. 10. Czujnik poziomu i temperatury oleju, 1- czujnik temperatury oleju NTC, a- pojemnościowy zakres pomiarowy czujnika, A i B - granice zakresu pomiarowego [8] Czujnik temperatury oleju silnikowego służy do obliczania okresów obsługowych (interwału przeglądów). Pracuje w zakresie od (- 40°C do 170°C). Może być zintegrowany z czujnikiem poziomu oleju (rys.10) Czujnik taki składa się z rezystora NTC, dwóch kondensatorów pomiarowych oraz układu pomiarowego, który wysyła sygnały modulowane

szerokością impulsu. Zła jakość oleju jest wyznaczana przez pomiar pojemności oleju, który jest dielektrykiem. Wartość pomiarowa poziomu oleju jest ustalana granicami zakresu pomiarowego A i B (często  $a=80\text{mm} \pm 3\text{mm}$ ). Jest zasilany napięciem 5V. Montowany jest w misce oleju.

### 4.4. Czujnik temperatury paliwa



Czujnik temperatury paliwa wbudowany jest w układ zasilania paliwem. Znajomość temperatury paliwa pozwala na dokładne obliczenie dawki wtrysku. Jest umieszczany w pompach wtryskowych np. VP37, szynie rał (zasobniku paliwa) układu Common Rail, przy pompie wysokiego ciśnienia lub na przewodzie odprowadzającym przelew i dawkę sterującą.

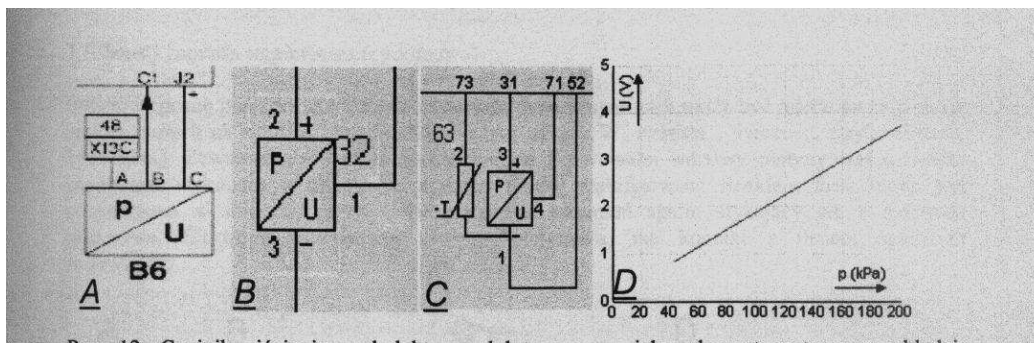
Ich zakres pomiarowy to (- 40°C do 120°C). Rys. 11. Czujnik temperatury paliwa w pompie wtryskowej (póz. 5).[10]



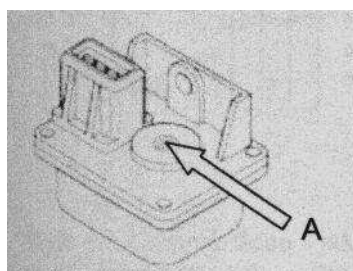
#### 5. Czujnik ciśnienia układu dolotowego MAP

Czujnik ciśnienia powietrza w kolektorze mierzy ciśnienie bezwzględne w kolektorze dolotowym. Jest nazywany MAP-sensorem (Manifold Absolute Pressure). Może być zamontowany bezpośrednio w kolektorze lub połączony z nim za pomocą rurki „ciśnieniowej” odpornej na odkształcenia pola przekroju poprzecznego kanału przepływowego. Czujnik

ciśnienia w przewodzie dolotowym bądź ciśnienia doładowania posiada zakres pomiarowy od 20 do 400 kPa. W przypadku zabudowy czujnika w kolektorze dolotowym może on być zintegrowany z czujnikiem temperatury powietrza (rys. 8 póż. 4). Czujnik ten w czasie rzeczywistym dokonuje pomiaru ciśnienia bezwzględnego w kolektorze dolotowym i przetwarza wartość ciśnienia przez układ czujnika na sygnał elektryczny. Zwykle jest to wartość napięcia. Charakterystyka ciśnieniowo-napięciowa czujnika jest liniowa. Przykład przedstawiono na rys. (11). Błąd pomiaru wynosi 1,5% wartości P [2].



Rys. 12. Czujnik ciśnienia w kolektorze dolotowym - jako element systemu w układzie z ECU. A- wg schematów Bosch, B,C - Vivid WorkShopCD, C – z czujnikiem temperatury powietrza. D- charakterystyka czujnika (Škoda-Auto Octavia 1,9 TDI silnik ALH)



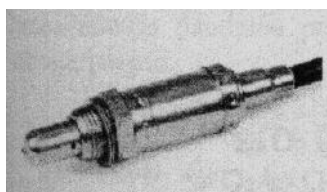
#### 6. Czujnik ciśnienia atmosferycznego

Zasada działania czujnika ciśnienia atmosferycznego jest taka sama jak wcześniej opisanego. W

samochodach z turbo-ładowaniem może być umieszczony wewnątrz przedziału silnikowego. Sygnał z tego czujnika wykorzystuje się do obliczania maksymalnej wartości ciśnienia ładowania. Pracuje

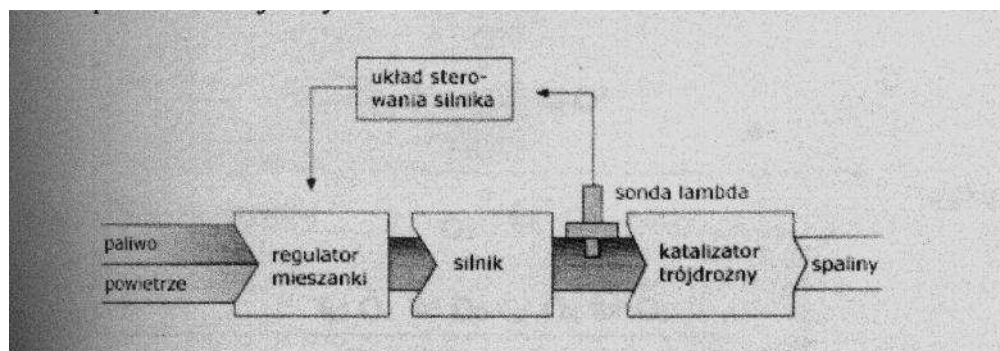
w zakresie 60-115 kPa. Sygnał A z czujnika zmienia się w zakresie od 0-5 V. W przypadku uszkodzenia czujnika ciśnienia atmosferycznego jednostka sterująca ograniczy ciśnienie ładowania do wartości ok. 0,4 bar. Na rysunku literą A oznaczono wlot powietrza atmosferycznego.

#### 7. Czujnik tlenu (sonda lambda)



Czujnik tlenu wąskopasmowy, czyli sonda lambda jest „miernikiem” składu mieszanki. W silnikach wielocylindrowych, czujnik tlenu może być wspólny dla wszystkich cylindrów lub w silnikach typ V6/8 może być indywidualny dla każdego rzędu cylindrów

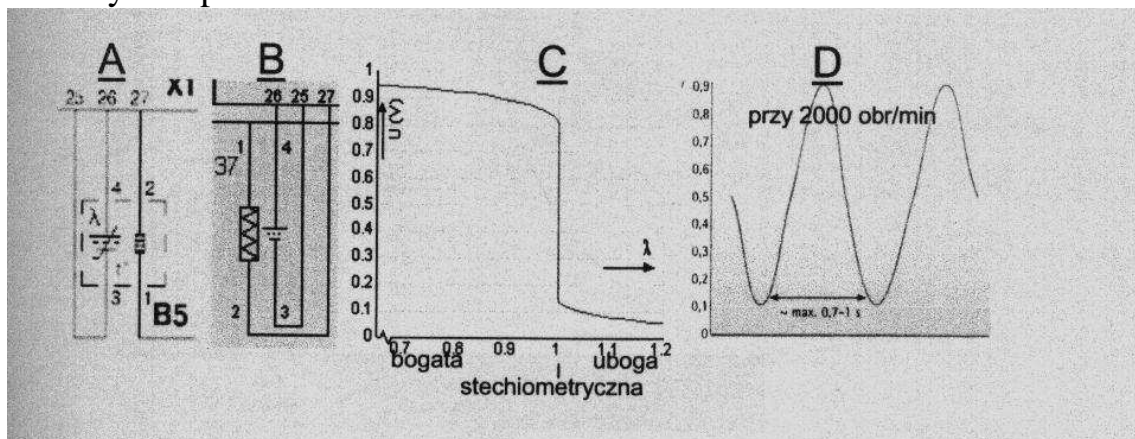
podając dla nich uśrednioną wartość składu spalin. Pracuje ona w pętli zwrotnej przedstawionej na rys. 13.



Rys. 13. Układ pętli zwrotnej sondy lambda [6]

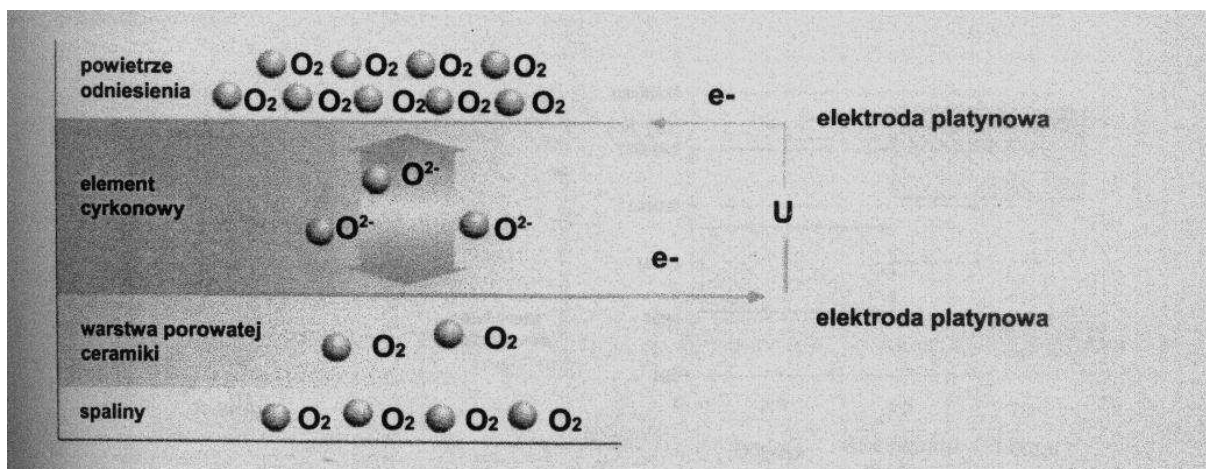
### 7. 1. Sonda lambda napięciowa (cyrkonowa)

Działa w sposób pośredni. Resztkowa zawartość tlenu w spalinach może być mierzona za pomocą umieszczonych na sondzie lambda elektrod (wg zasady W. Nemsta - Niemiec, fizyko-chemik, 1864-1941). Zewnętrzna elektroda wykonana jest z porowatej warstwy platyny, zaś ceramika sondy jest wykonana z dwutlenku cyrkonu ( $ZrO_2$ ) stabilizowana tlenkiem itru. Sonda jest umieszczona w miejscu, przez które przepływa strumień spalin stykający się z elektrodą platynową. Elektroda wewnętrzna również platynowa, ma kontakt z tlenem zawartym w powietrzu.



Rys. 14. Czujnik tlenu -jako element systemu w układzie z ECU. A- wg schematów Bosch, B,C - Vivid WorkShopCD, C i D- charakterystyki napięciowe

Aby sonda działała prawidłowo jej temperatura musi przekraczać  $300^{\circ}C$ , gdyż dwutlenek cyrkonu dopiero w tej temperaturze osiąga właściwość przewodnictwa jonów tlenu. Dlatego często stosuje się elektryczne podgrzewanie elementów sondy. Temperatura czujnika ma również duży wpływ na bezwładność działania precyzowaną przez czasy zmiany wskazań bogata/uboga lub odwrotnie uboga/bogata.

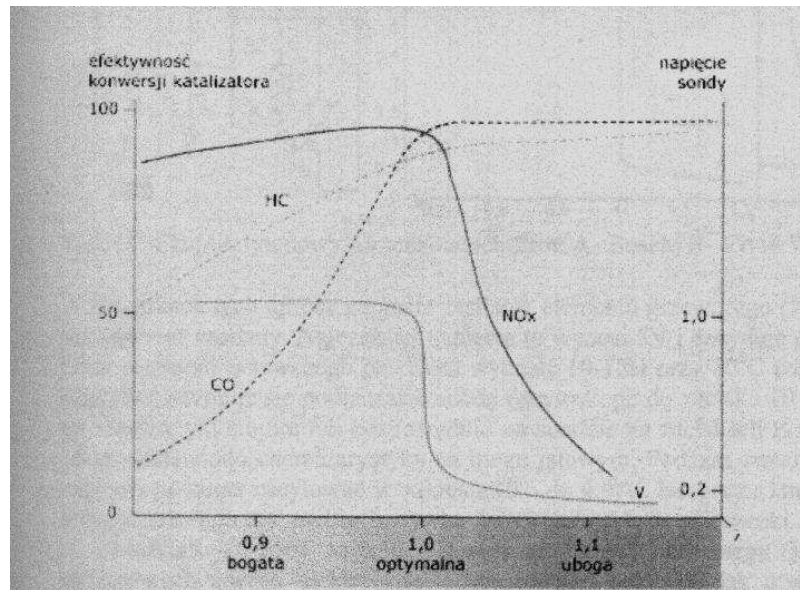


Rys. 15. Zasada działania sondy cyrkonowej [6]

Jeżeli stężenie tlenu z obu stron sondy jest różne to na elektrodach powstaje potencjał elektryczny (0-1 V).



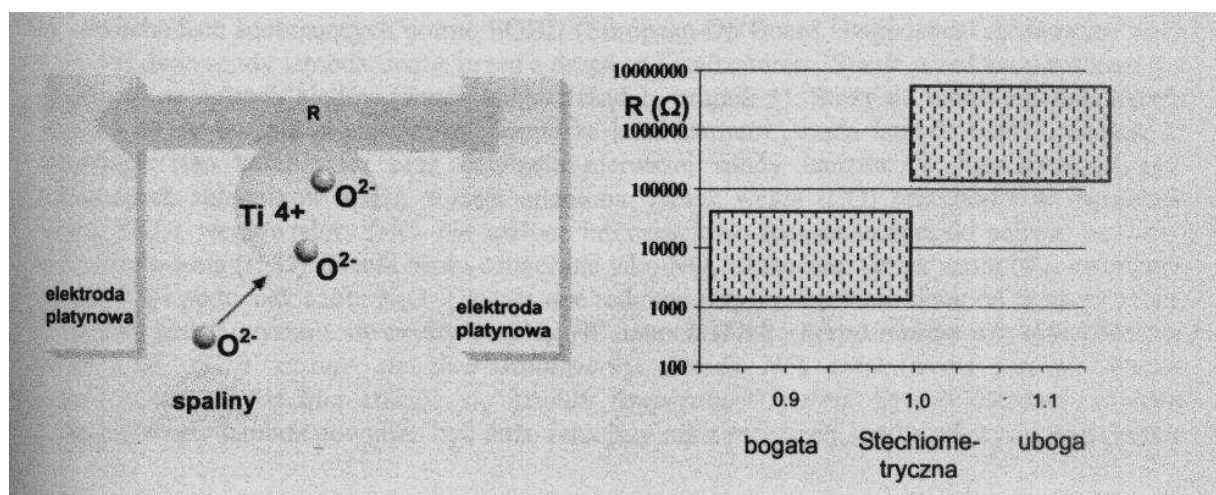
Powstałe na elektrodzie zewnętrznej stężenie tlenu w dużym stopniu zależy od proporcji paliwa i tlenu w mieszance oraz od reakcji chemicznej na powierzchni elektrod. Dzięki temu stężenie tlenu decyduje o przepływie napięcia w sondzie.



Rys. 16. Przedział Lambda [6]

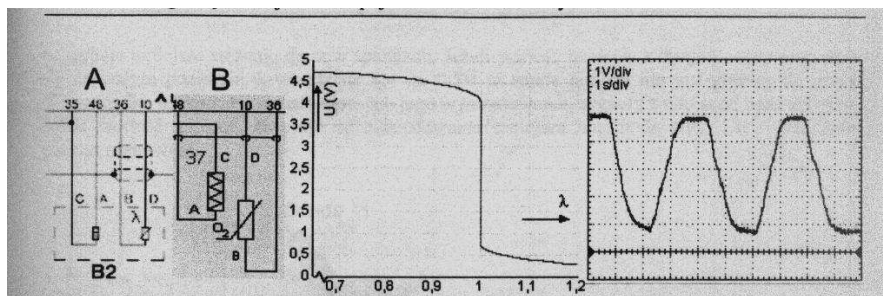
#### 7.2. Sonda lambda rezystancyjna (tytanowa)

Zasadę pracy sondy tytanowej i jej charakterystykę przedstawiono na rys. 17. Są to czujniki półprzewodnikowe wykorzystujące związek tytanu, który w zależności od stężenia tlenu zmienia swoją oporność elektryczną. Opór ( $R$ ) jest mniejszy dla mieszanki bogatej, zaś dla ubogiej większy.



Rys. 17. Zasada działania sondy tytanowej [6]

Sposób diagnozowania zostanie przedstawiony na przykładzie samochodu Opel Vectra B silnik X20XEV.



Rys. 18. Czujnik tytanowy na schematach firm: A- Bosch, B- Vivid WorkShop. W czujnikach tych oprócz napięcia zasilania elementu grzewczego (12V) element pomiarowy TiCh

jest również zasilany. Najczęściej napięcie to wynosi 5V i decyduje o zakresie sygnału z czujnika. Opór rezystora grzewczego powinien wynosić 10-150 przy 20°C (zacisk C i A). Charakterystykę sygnału otrzymuje się podłączając sondę oscyloskopu do zacisku 10 sterownika (sygnał) i 36 („-”) na rozgrzanym silniku lub bezpośrednio na sondzie na zaciskach B (sygnał) i D (minus).

Na rys. 18 przedstawiono charakterystykę na biegu jałowym. Podczas zmiany rezystancji sondy, wartość napięcia powinna oscylować w zakresie (0,6 do 4,9)V. Integrator lambda pokazuje, w jaki sposób pracuje wewnętrzna multiplikatywna korekta' składu mieszanki. Zakres regulacji mieści się w przedziale (0-250) kroków. Regulacja lambda na biegu jałowym przy wyłączonych odbiornikach energii elektrycznej i klimatyzacji pokazuje jak pracuje wewnętrzna addytywna korekta składu mieszanki (np. wykrywanie fałszywego powietrza). Powinna mieścić się w zakresie 108-150 kroków. Istnieje możliwość resetowania wartości adaptacji. Adaptacja charakterystyk lambda umożliwia ponowną pracę integratora lambda w okolicach położenia średniego. Kod błędu POI 70 zostanie zapisany przy temperaturze silnika powyżej 75°C, gdy silnik pracuje co najmniej 40s oraz gdy nastąpiło otwarcie przepustnicy powyżej 10% a wartość napięcia z sondy lambda utrzymuje się stale poniżej 0,274V lub powyżej 0,743 V [9].

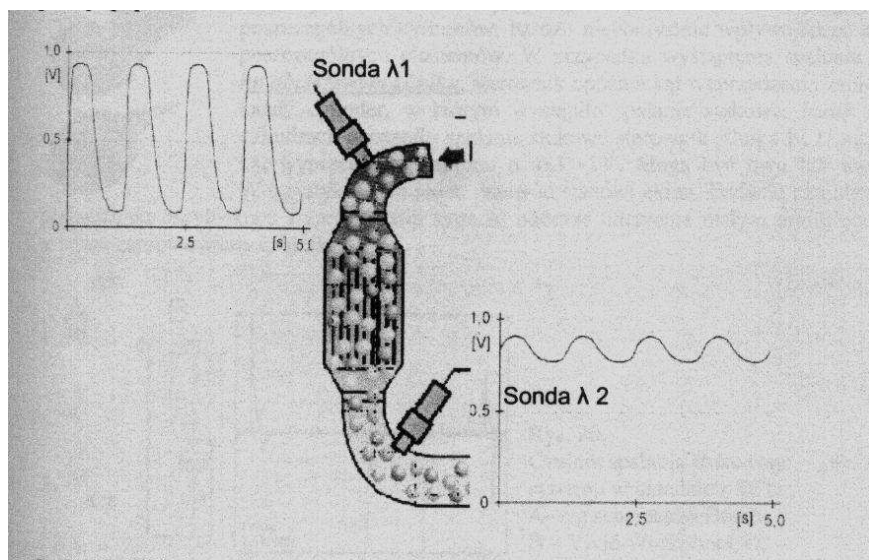
## 7.2. Układ wydechowy z dwiema sondami lambda

W samochodach spełniających normę EOBD (European On Board Diagnostics) montowane są cii najmniej dwie sondy lambda. Jedna przed a druga za katalizatorem. Sonda przed katalizatorem jest oznaczana w opisach błędów (sonda lambda rząd 1, czujnik 1). Służy do monitorowania składu spalin i do sterowania pracą silnika. Sonda za katalizatorem (sonda lambda rząd 1, czujnik2) kontroluje stan katalizatora oraz działanie pierwszej sondy lambda. W katalizatorze część toksycznych składników spalin zostaje utleniona: tlenek węgla (CO) przechodzi w dwutlenek węgla (CO<sub>2</sub>), węglowodory (HC- nie spalane lub częściowo spalane cząsteczki paliwa) na (CO;) oraz parę wodną(H<sub>2</sub>O). Tlenki azotu oznaczane jako NO<sub>x</sub> oznaczają: tlenek azotu NO, dwutlenek azotu NO<sub>2</sub>; i podtlenek azotu NzO. Ulegają one redukcji (czyli odłączaniu tlenu od tlenków azotu) w wyniku czego uzyskuje się czysty azot N<sub>2</sub>. (W samochodach z bezpośrednim wtryskiem benzyny (FSI, CCI. GDI) stosuje się dwa katalizatory.

'Multiplikatywny tryb regulacji jest stosowany przez ECU powyżej określonej długości wtrysku np. (3ms) oraz powyżej pewnego natężenia przepływu powietrza (ok. 16g/s).

'Addytywny tryb regulacji stosuje się przy prędkościach obrotowych silnika poniżej 1000obr/min oraz dla ograniczonej ilości powietrza (8,3g/s)

Sonda  $\text{NO}_x$  umieszczana jest za drugim katalizatorem. Przed nim stosuje się czujnik temperatury spalin). Sygnał oscylacji napięcia z drugiej sondy lambda powinien być dużo mniejszy niż z pierwszej sondy, gdyż za katalizatorem występuje mniejsze stężenie tlenu w spalinach. Jeżeli wartość napięcia z drugiej sondy utrzymuje się na stałym poziomie w przedziale 0,4 do 0,5V to sonda lambda nie jest gotowa do pracy. W przypadku uszkodzenia katalizatora lub jego wymontowania, sygnały z obu sond będą zbliżone. Jeżeli wartość napięcia oscyluje ze zdecydowanie mniejszą amplitudą (rys. 19) – katalizator pracuje poprawnie.



Rys. 19. Układ wydechowy z dwiema sondami lambda. Przebiegi sygnałów ze sprawnym katalizatorem [5,14].

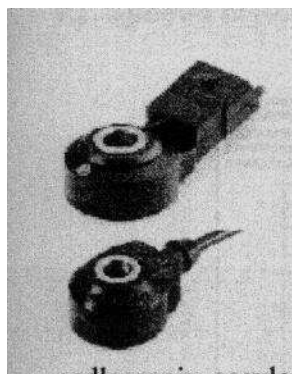
Uwaga: W układzie wydechowym umieszczane są już w chwili obecnej cztery czujniki. Dwie sondy lambda (przed i za katalizatorem), czujnik temperatury spalin oraz czujnik  $\text{NO}_x$

### 7.3. Sondy uniwersalne

W związku z bardzo dużą ilością sond lambda, producenci wprowadzili do sprzedaży sondy uniwersalne. Dla takich sond wykorzystuje się złącza wtykowe ze zdemontowanych z samochodu. Aby taka sonda mogła poprawnie pracować należy wykorzystać specjalne szczelne złączki będące w zestawie takiej sondy. Sondy tytanowe firmy NGK oznaczane są jako OTA...i jak dotąd nie występują w sprzedaży dla nich sondy zamienne uniwersalne.

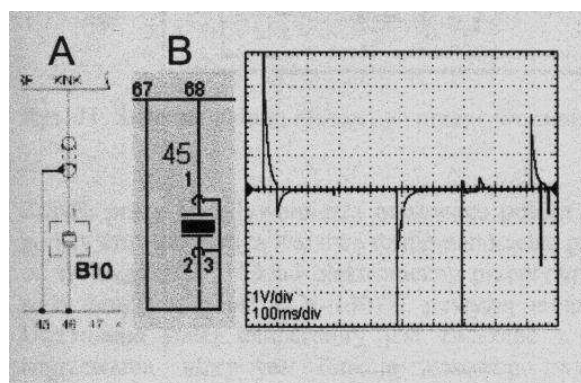
	Wymontowana sonda				
	Bosch	NGK/NTK	TYP I	TYP II	TYP III
Sygnał (+)	Czarny	Czarny	Biały	Niebieski	Purpurowy
Ogrzewania 2 przewody	Biały	Biały	Czarny	Czarny	Ciemnobrązowy
Masa (-) opcjonalnie	Szary	Szary	Zielony	Biały	Jasnobrązowy

## 8. Czujnik spalania stukowego



Czujniki spalania stukowego (Piezoelektrische Vibrationssensoren) są wykorzystywane do wykrywania spalania detonacyjnego wewnątrz poszczególnych cylindrów, bardzo niekorzystnie wpływającego na trwałość poszczególnych elementów. W przypadku wystąpienia spalania stukowego na obciążonym silniku, sterownik opóźnia kąt wyprzedzenia zapłonu o  $3^\circ$  na każdy cylinder, w którym wystąpiło spalanie stukowe. Jeżeli w czterech cylindrach wystąpiło spalanie stukowe sterownik silnika

ECU może opóźnić kąt wyprzedzenia zapłonu o  $4 \times 3^\circ = 12^\circ$ . Mogą być dwu lub trzy stykowe. W trzy stykowych jeden przewód stanowi ekran. Badanie czujnika polega na podłączeniu oscyloskopu i sprawdzeniu sygnału podczas uderzenia małym młotkiem w okolicy miejsca zamontowania czujnika.



Rys. 20. Czujnik spalania stukowego - jako element systemu w układzie z ECU. A- wg schematów Bosch, B - Vivid WorkShopCD,

## 9. Przepływomierz masowy powietrza

Przepływomierz masowy powietrza to urządzenie pomiarowe, wykorzystujące układ pozwalający na obliczenie rzeczywistej masy powietrza dostarczonego do silnika. Wyparty one z użycia kiedyś stosowane przepływomierze objętościowe, które wskutek zmian gęstości powietrza musiały być sprzężone z czujnikiem temperatury powietrza zasysanego przez silnik oraz czujnikiem ciśnienia.

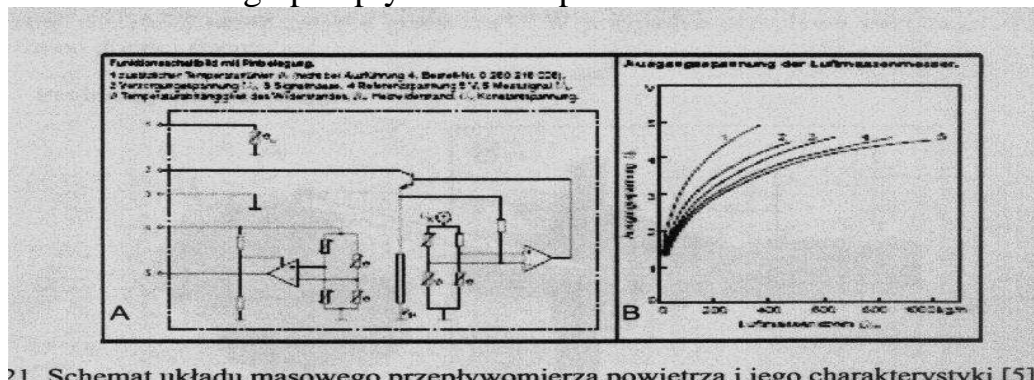
Posiadały dużo większe wymiary i ciężar. Na podstawie rzeczywistej masy powietrza jednostka centralna może sterować m. in. Dawką wtryskiwanego paliwa, kątem wyprzedzenia wtrysku, sterowaniem zaworu EGR oraz usuwaniem par paliwa ze zbiornika z węglem aktywnym. Jest on umieszczony w przewodzie ssącym za filtrem powietrza a przed turbosprężarką, (jeśli silnik jest w nią wyposażony). Bardzo dokładny pomiar masy dostarczonego powietrza umożliwia utworzenie optymalnej mieszanki paliwowo- powietrznej, minimalizację emisji szkodliwych substancji do atmosfery i uzyskanie dużej mocy silnika.

Przepływomierze te można diagnozować wykorzystując do tego celu komputerowe systemy diagnostyki pojazdów. Jednakże nie są one w stanie zawsze wykryć uszkodzonego urządzenia pomiarowego. Jest to uwarunkowane tym, że taka diagnoza ma na celu sprawdzenie czy sygnał z przepływomierza



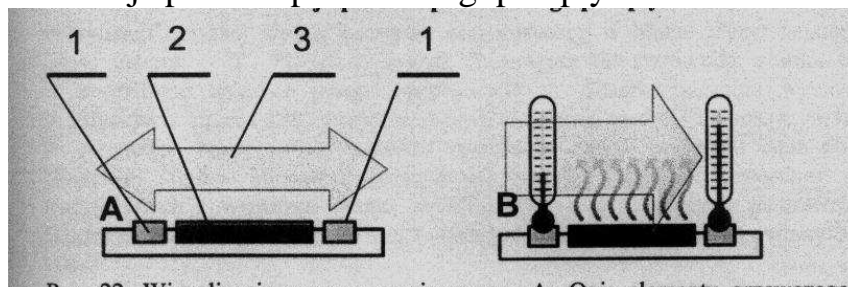
(dla HFM5 - napięcie) nie przekracza ustalonych granic dolnej i górnej dla tego typu przepływomierza. Jeżeli sygnał mieści się we właściwym zakresie to na ekranie komputera wyświetla się komunikat „ilość usterek-0”. I tutaj rodzi się wiele pytań? Jak upewnić się, że przepływomierz masowy powietrza jest sprawny? Jak poradzić sobie z taką sytuacją? W jaki sposób wykonać pomiary? Co mierzyć?

## 9.1. Budowa masowego przepływomierza powietrza HFM5



Zasada pracy przepływomierza masowego polega na tym, że przez elementy grzejne (grzałki gorący drut lub gorącą warstwę termomanometru przepływa strumień powietrza odbierając ciepło od tych „grzałek”. Układ elektroniczny przepływomierza jest tak skonstruowany, że utrzymuje stałą temperaturę ok.  $(120-130)^{\circ}\text{C}$  powyżej temperatury przepływającego powietrza (HFM5). Utrzymanie stałej temperatury jest związane z dostarczaniem odpowiedniej wartości prądu nagrzewania, który jest funkcją masowego wydatku powietrza. Prąd ten poprzez układ przetwarzania sygnału wytwarza napięcie, które odpowiada przeliczeniowej wartości wydatku masowego dla danego typu przepływomierza [11]. Tak więc wartość napięcia wychodzącego z przepływomierza jest wartością sygnału na podstawie którego jednostka centralna (ECU-Electronics Control Unit) nadzoruje pracą systemu. W przepływomierzu HFM5 jest to pin 5. Charakterystyki z rys. 21 B wykonujemy mierząc napięcie pomiędzy pinami 3 i 5 przepływomierza.

### 9.1.1. Wizualizacja procesu pomiarowego przepływomierza

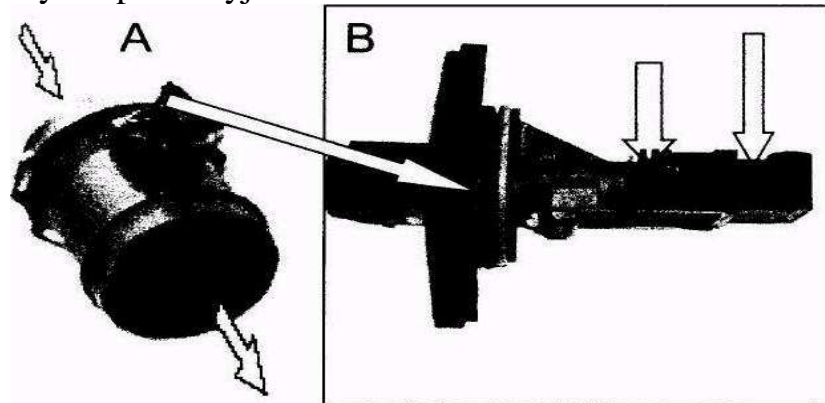


### 9.1.2

Rys. 22. Wizualizacja procesu pomiarowego. A- Opis elementu grzewczego przepływomierza powietrza (1-rezystor pomiarowy  $r$ )  $R_z$ , 2- płytka grzewcza ( $T_{\text{pow}}+12(T)$ ), 3- strumień przepływającego powietrza); B- Zasada działania przepływomierza.

Przepływające powietrze o temperaturze  $T_{pow}$  przez element grzewczy posiadający temperaturę ( $T_{pow}-H_{20}$ ), odbiera ciepło od rezystorów pomiarowych. Rezystor  $R_i$  zostaje mocno schłodzony zaś rezystor  $R_z$  tylko nieznacznie, gdyż powietrze przepływające przez niego jest dodatkowo podgrzane wcześniej przez „płytke grzewczą”. W przypadku przepływu zwrotnego sytuacja się powtarza od drugiej strony.

#### 9.1.2. Problemy eksploatacyjne



Rys. 23. Wygląd przepływomierza i urządzenia pomiarowego (B) po przebiegu 100 tys. km.

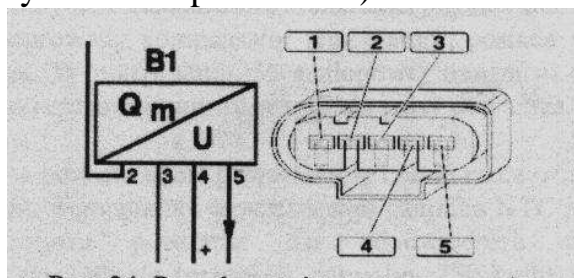
Ze względu na fakt upływu czasu w procesie eksploatacji pojazdów, dochodzi do zmniejszania dokładności pomiaru przez urządzenie pomiarowe przepływomierza. Jest to spowodowane m. in. osadzeniem się na elementach pomiarowych pyłu, kurzu i innych zanieczyszczeń (rys. 23B). Zanieczyszczenia te ograniczają odbieranie ciepła przez przepływający strumień powietrza z rezystorów pomiarowych. Sterownik silnika ECU otrzymuje nieprawdziwe informacje dotyczące rzeczywistej ilości powietrza dostarczonego do silnika i na podstawie tych przekłamanych informacji dobiera parametry wysterowania silnika m.in. dawkę paliwa. Jeżeli do silnika dostarczono „mniej powietrza” to ECU ogranicza dawkę paliwa a tym samym silnik nie posiada nominalnej mocy.

#### 9.1.3 Problemy diagnostyczne

W sytuacji opisanej wyżej, komputer diagnostyczny w bloku odczyt pamięci błędów wykaże „ilość usterek - 0”. Ponieważ sygnał docierający do sterownika silnika będzie mieścił się w normalnym zakresie pracy przepływomierza. Usterka zostanie wychwycona wyłącznie w sytuacjach: przerwy w obwodzie przepływomierza, zwarcia do masy, zwarcia do plusa oraz w przypadku braku zmian wartości sygnału w chwili przyrostu bądź obniżania prędkości obrotowej silnika. W takich przypadkach należy uruchomić procedurę „kontroli wartości rzeczywistych”. Wówczas można wyfiltrować z wielu różnych parametrów, wartości mas powietrza zasysanego: rzeczywistej i wymaganej. Obie te wartości powinny być w przybliżeniu równe.

W sytuacji diagnozowania zupełnie nowego modelu pojazdu dowolnej marki, z którym nasze urządzenie diagnostyczne nie komunikuje się ze sterownikiem silnika, należy wykonać pomiary oscyloskopem bądź multimetrem. Sposób podłączenia przyrządów pomiarowych dla dowolnego typu przepływomierza można odczytać ze schematów układu sterowania silnika dla wybranego typu

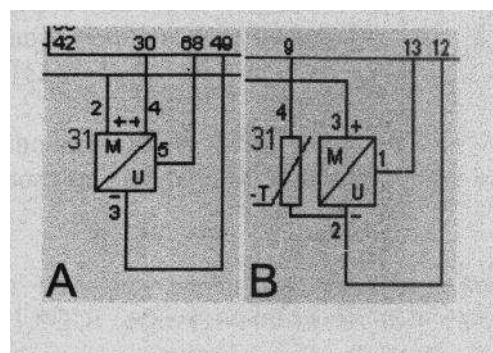
pojazdu. Przykłady różnych przepływomierzy zamieszczono na rys. 24 i 25. W przypadku pomiaru sygnału z przepływomierza HFM5 na biegu jałowym, pomiędzy pinami 3 i 5 (rys. 24) powinno być napięcie o wartości 1-2 V, natomiast przy wysokich obrotach silnika 4,5- 4,7 V. Jeżeli tak nie jest należy skontrolować zasilanie przepływomierza. Po zdemontowaniu wtyczki, na jej pinach pomiędzy pinami 2 i 3 powinno być napięcie 10-16 V, zaś między pinami 3 i 4 [4,5 do 5,5 V]. Do pinu 1 i masy (3) połączony jest (w niektórych wersjach przepływomierza) czujnik temperatury zasysanego powietrza NTC (Na rys. 25B do pinów 4 i 2).



Rys. 24. Przepływomierz masowy powietrza i jego wtyczka połączeniowa [5].

Rys. 25. Przepływomierz masowy powietrza jako element systemu sterowania silnikiem [7].

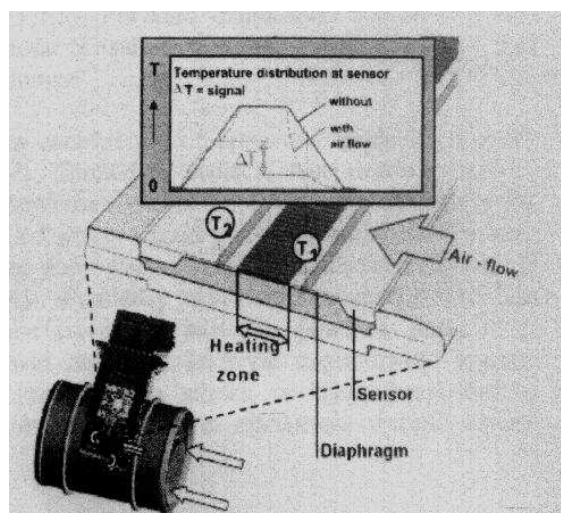
Dla przepływomierza A- pomiaru napięcia wykonuje się pomiędzy pinami 5 i 3, dla przepływomierza B- pomiaru napięcia dokonuje się między pinami 1 i 2. W każdym przypadku, przy uzyskaniu podczas pomiarów niewłaściwych wartości na wtyczce połączeniowej przepływomierza, należy skontrolować wiązkę instalacji elektrycznej pomiędzy sterownikiem a przepływomierzem pod kątem „drożności” (rezystancja musi być zawsze mniejsza niż 10, dla każdego przewodu np. 5-68, 3-49 itd... dla przepływomierza z rys 25A, oraz 2-12, 1-13 dla przepływomierza z rys. 25B) oraz zwarcia do masy. Na rys. 25 B pomiędzy pinami 4 i 2 jest wbudowany czujnik temperatury powietrza NTC (Negative Temperature Coefficient).



## 9.2 Przepływomierz cyfrowy HFM6

Przepływomierz cyfrowy (HFM6) służy do odmierzania masy powietrza, zassanej przez silnik niezależnie od ciśnienia atmosferycznego i temperatury. Zasada jego pracy, co do przepływu masy powietrza i dystrybucji ciepła przez element grzejny przepływomierza jest podobna do HFM5.

Rys. 26. Cyfrowy masowy przepływomierz powietrza firmy Bosch [12]



Temperatura dystrybucji na przesłonie jest mierzona przez 4 rezystory temperatury, które są ułożone symetrycznie do rezystora grzewczego (ciepła). Przepływająca masa powietrza nad czujnikiem powoduje odbieranie ciepła od rezystorów NTC, co prowadzi do wystąpienia różnic oporu elektrycznego na nich. Różnice te zależą od kierunku i wielkości przepływu powietrza. HFM6 może zmierzyć amplitudę i kierunek przepływu mas powietrza jednocześnie. To pozwala na pomiar zwrotnej fali z wysokimi amplitudami drgań. Zwrotna fala powietrza jest obliczana bardzo precyzyjnie w związku z wysoką dynamiką czujnika. Przepływomierz cyfrowy HFM6 charakteryzuje: zmniejszona tolerancja pomiaru, cyfrowy interfejs, wykrywanie przepływów zwrotnych, standardowa charakterystyka dla poszczególnych wymiarów gabarytowych, zintegrowany kompensator temperatury, posiada wysoką dynamikę, ścisłą geometrię oraz małą wagę. W porównaniu do analogowej transmisji sygnału do ECU tolerancja jest zredukowana dzięki cyfrowej transmisji sygnału masy powietrza.

Masa powietrza jest przesyłana w czasie rzeczywistym trwania (cyklu) zasysania powietrza przez; silnik. Temperatura zewnętrznego czujnika NTC jest podawana jako sygnał analogowy. Zakresy przepływu powietrza dla odpowiednich wielkości przepływomierza wynoszą: od -30 do 340kg/h (przepływ normalny 250 kg/h), aż do wartości: -90 do 1250 kg/h (przepływ normalny 1000kg/h). Cyfrowy sygnał z przepływomierza zawiera się w przedziale częstotliwości 1,5 do 12 kHz z tolerancją pomiaru  $< \pm 2 \%$ , tolerancja pomiaru temperatury jest  $< \pm 2 \%$  w zakresie temperatur (-20.. .80 °C) oraz (0% dla 20 °C) [12].

Przepływomierze HFM6 są stosowane m. in. w samochodach: BMW E60 (535d) i E6i (535d Touring) od 09.2004>, Alfa Romeo 166 2,4 JTD 20V Sportronic od 10.2005 silnik 841MOOO oraz 159 2.4JTDM od 06.2005> [9].

Przepływomierze z wyjściowym sygnałem cyfrowym były już stosowane wcześniej, m.in. w samochodach: Mitsubishi Carisma, Volvo V40 silnik 1,8GDI (przepływomierz ultradźwiękowy Karmana).

### 9.3. Przepływomierz ultradźwiękowy Karmana

Zbudowany jest z nadajnika/odbiornika ultradźwięków (rys. 27 piny 3,4,7,5), czujnika temperatury NTC (piny 6,5) oraz czujnika ciśnienia (piny 1,2,5). Przykład diagnostyki przepływomierza ultradźwiękowego z wyjściem cyfrowym samochodu Mitsubishi Carisma 1,8 GDI, (Volvo V40 1,8 GDI). Przepływomierz posiada złącze 7-mio pinowe.

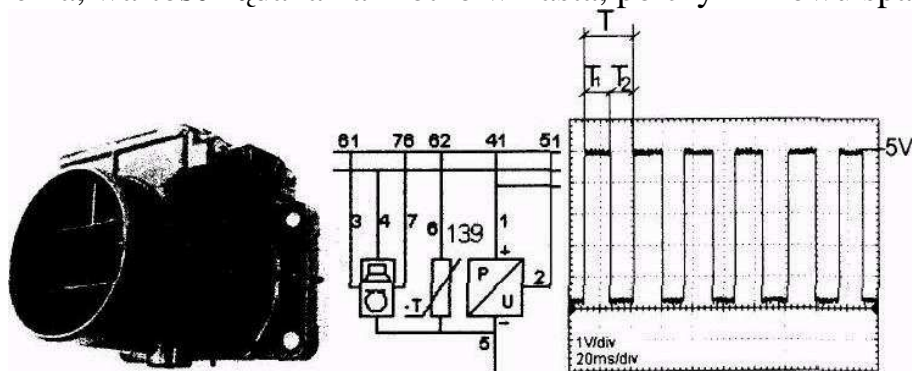


Dla nadajnika/odbiornika ultradźwięków pomiędzy zaciskiem 4 i 5 sprawdzić napięcie od strony wiązki silnika na włączonym zapłonie (11-14V). Sprawdzić napięcie resetowania pomiędzy pinami 5 i 7. Na biegu jałowym wartość napięcia powinna wynosić 0-0,1 V zaś przy obrotach 4 tys. obr/min 6-9V. Skontrolować napięcie odniesienia od strony wiązki pomiędzy zaciskami 3 a masą 5. Wartość żądana wynosi 4,8- 5,2V. Skontrolować doprowadzenie masy, pomiędzy zaciskiem nr 5 a plusem akumulatora - powinno wynosić 11-14V. Pomiędzy zaciskami 3 (sygnał) a masą 5 na podłączonym złączu wtykowym wartość żądana na biegu jałowym powinna mieścić się w granicach 2,2-3,2V. Przy badaniu na hamowni na biegu jałowym częstotliwość sygnału z zacisku 3 powinna wynosić 20-30Hz. Po przyspieszeniu silnika na biegu bezpośrednim i osiągnięciu prędkości obrotowej 5,5 tys. obr/min przy pełnym obciążeniu wartość żądana powinna być większa niż 330Hz [9]. Napięcie zasilania czujnika ciśnienia (zaciski 1 i 5) wynosi 5V oraz czujnika temperatury NTC (zacisk 5 i 6) na odłączonej wtyczce 5V[6].

W bloku wartości rzeczywistych wskazania przepływomierza muszą mieścić się w zakresie 0...1200Hz. Na biegu jałowym wartość sygnału powinna wynosić 20...55Hz. Po obciążeniu silnika np. włączając klimatyzację wartość sygnału rośnie.

Warunkiem podstawowym zapisania błędów w pamięci sterownika są; prędkość obrotowa silnika powyżej 500 obr/min oraz gdy po 4s częstotliwość czujnika wynosi mniej niż 3,3Hz.

Próba obciążenia silnika - wartość wskazań 0...160%. Próbę wykonujemy na silniku rozgrzanym do temperatury powyżej 80°C. Na biegu jałowym przy wyłączonych wszelkich odbiornikach energii elektrycznej wartość wymagana powinna wynosić 15-25%, po załączeniu odbiorników np. wentylatora nadmuchu, świateł, ogrzewania tylnej szyby, klimatyzacji, wartość wzrasta do poziomu 23-35%. Po gwałtownym naciśnięciu i zwolnieniu pedału przyspieszenia, wartość żądana na krótko wzrasta, po czym znowu spada.



Rys. 27. Przepływomierz masowy powietrza Mitsubishi Carisma 1,8 GDI. Obraz oscyloskopowy linia sygnałowa 3-61 oraz masa.

Czas cyklu „T” zmniejsza się wraz ze wzrostem obciążenia silnika. Zbocza  $T_i$  oraz T; muszą być takie same (rys. 27).

## 10. LITERATURA

1. Robert Bosch GMBH. Czujniki w pojazdach samochodowych. WKiŁ 2002.
2. Robert Bosch GMBH. Sensoren Katalog. Erzeugnis-programm 2001/2002.
3. Anton Hemer, Hans-Jurgen Riehi. Elektrotechnika i elektronika w pojazdach samochodowych. WKiŁ '2003.
4. Robert Bosch GMBH. Mikroelektronika w pojazdach. WKiŁ '2002.
5. NGK/NTK. Materiały szkoleniowe. Sondy lambda, świece zapłonowe, świece żarowe. 2006.
6. Vivid WORKSHOPCD. VIVID AUTOMOTIVE DATA & MEDIA BV, 2005/2.
7. Trzeciak K., Zawadzki J.: Poradnik serwisowy. Wtrysk bezpośredni w silnikach diesla. 1/2005. Wydawnictwo Instalator Polski.
8. Olszowski S.: Diagnostowanie i naprawa sytemu sterowania silników wysokopreżnych Electronic Diesel Control. Akademia Techniki Samochodowej AD. 2006.
9. Robert Bosch GMBH. Platforma informacyjna ESI [Tronie]. Wersja 2006/2
11. Olszowski S., Bińkowski T.: Budowa i diagnostowanie masowych przepływomierzy powietrza nowoczesnych pojazdów. Konferencja naukowo-techniczna. LogiTrans. Szczyrk 2006.
12. Robert Bosch GmbH. Motorsteuerung fur Ottomotoren. Ottomotor-Management. Motronic-Systeme. Fachwissen Kfz-Technik. Ausgabe 2003. 14, 62.
13. Robert Bosch GmbH. Produkt information. Hot-film Air Mass Meter HFM6. 2005.
14. Burdka M. Oscyloskop w diagnostyce samochodowej. Część 2. Wydawnictwo Instalator Polski.