

Systemy pomiarowe w transporcie

Materiały pomocnicze do wykładu

TYTUŁ

**CZUJNIKI POMIAROWE W ŚRODKACH
TRANSPORTU**

Marzec 2020

1. WSTĘP

W latach 60-tych pojazdy wyposażone były jedynie w czujniki poziomu paliwa, ciśnienia oleju i temperatury cieczy chłodzącej silnika, podłączone do analogowych wskaźników na desce rozdzielczej. W latach 70. wraz z pojawieniem się elektronicznych układów zapłonowych a potem wtryskowych w pojazdach znalazło się więcej czujników. Prawidłowa realizacja funkcji sterujących wymaga bowiem dostępu sterownika do różnorodnych informacji z otoczenia systemu sterowania. W latach 80. zastosowano nowe czujniki □ tym razem do układów bezpieczeństwa (układów antywłamaniowych i poduszek powietrznych). W większości poruszających się części montowane są czujniki prędkości i położenia (czujniki prędkości pojazdu, otwarcia przepustnicy, położenia wału korbowego, położenia dźwigni zamiany biegów, położenia zaworu recyrkulacji spalin itp.). Inne typy czujników mierzą poprawność spalania, zawartość tlenu w spalinach czy też reagują na wystąpienie spalania stukowego. Liczba czujników samochodowych zbierających informacje we współczesnym pojeździe przekracza 100 sztuk.

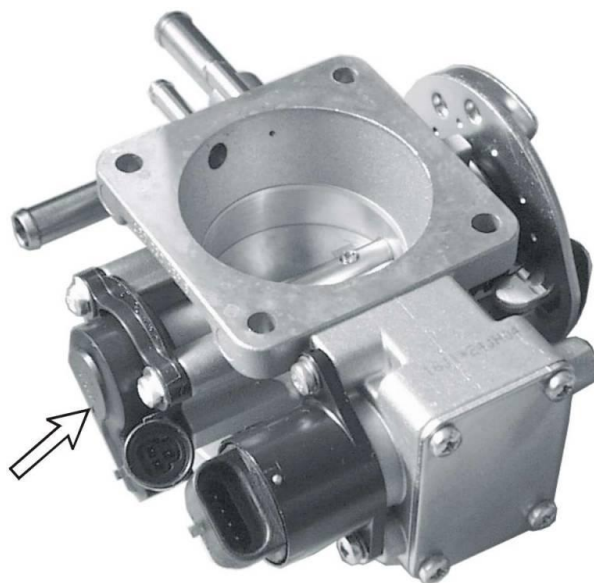
Czujniki samochodowe muszą zapewnić wysoką dokładność pomiaru a przy tym charakteryzować się trwałością oraz niskimi kosztami konstrukcji i eksploatacji. Zainstalowane w silniku spalinowym czujniki muszą wytrzymywać: temperatury w zakresie od -40 do +140 ° C, przyspieszenia wibracyjne do 30g, wysoki poziom zakłóceń elektromagnetycznych, zanieczyszczenia takie jak sól, pyły, woda, płyny eksploatacyjne itp.

Stosowanie nowoczesnych technologii pozwala na zwiększenie dokładności czujników przy jednoczesnym zmniejszeniu ich wymiarów i ceny. Przykładem jest zastosowanie mikromechaniki i mikroelektroniki do czujników ciśnienia i przyspieszeń (drgań). Czujniki wykonano w technice hybrydowej, która polega na wykonywaniu wszystkich elementów czujnika z materiałów piezokwarcowych oraz metalu za pomocą nanoszenia odpowiednio wykonanych warstw. Pozwala to na wykorzystanie elementów elektrycznych jako elementy konstrukcyjne czujnika i odwrotnie. Dzięki technologii hybrydowej możliwe stało się wykonanie czujników o wymiarach o rząd wielkości mniejszych od swoich poprzedników.

2. CZUJNIKI MIERZĄCE DZIAŁANIA KIEROWCY

2.1. Czujniki położenia przepustnicy

Typowy czujnik położenia przepustnicy działa na zasadzie potencjometru obrotowego. Umieszczony jest na wsporniku przy przepustnicy powietrza poruszając się razem z trzpieniem obrotowym. Ramię ślizgacza czujnika położenia przepustnicy jest wciśnięte bezpośrednio na wałek przepustnicy. Zarówno wtyk złącza elektrycznego czujnika, jak i bieżnie oporowe są umieszczone na płycie z tworzywa sztucznego. Zasilanie bieżni zapewnia stabilizator napięcia 5V. Podczas ruchu przepustnicy ruchomy styk czujnika przesuwają się wzdłuż ścieżki oporowej. Wraz z obrotem przepustnicy połączonej z ramieniem ślizgacza (rysunek obok) następuje zmiana długości przepływu prądu wzdłuż płytki potencjometru, co powoduje zmianę rezystancji czujnika. W ten sposób następuje zmiana napięcia odniesienia na wartość sygnału odpowiadającą położeniu przepustnicy. Czujnik jest zasilany napięciem stabilizowanym 5V za sygnałem wyjściowym z czujnika jest napięcie z zakresu 0,5 – ok. 4,5V. Czujnik wyposażony jest w trzy przewody podłączone do centralnego urządzenia sterującego.



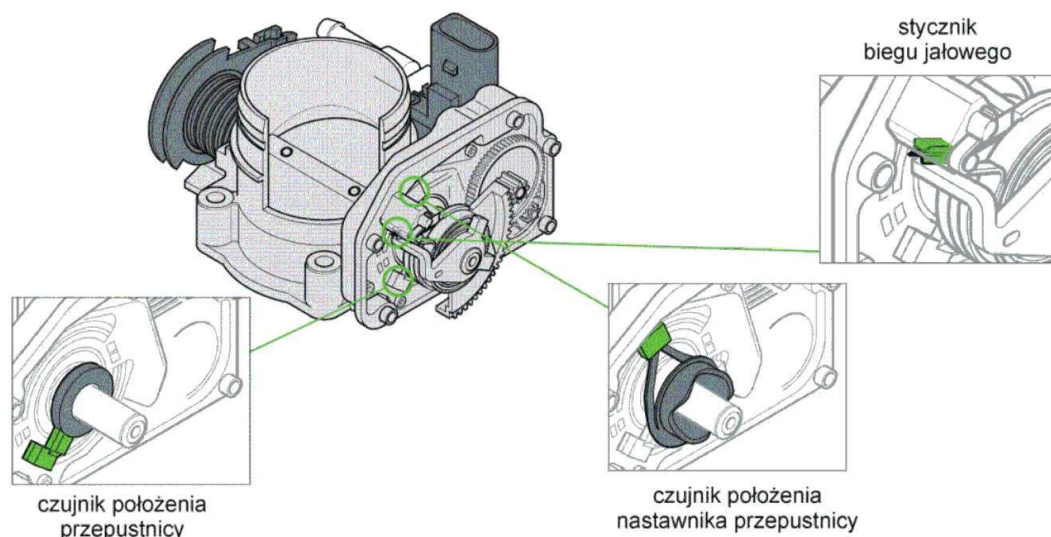
W układach sterowania wykorzystujących do obliczeń dawki paliwa przede wszystkim pomiar wydatku błęd ciśnienia powietrza, pomiar położenia przepustnicy ma charakter sygnału strategiczno-pomocniczego. Takie czujniki wykonuje się jako jednościeżkowe. Istnieją jednak systemy sterowania, które do wyznaczania masy powietrza w cylindrze wykorzystują głównie znajomość położenia przepustnicy. Ponieważ

charakterystyka napełniania jest bardzo nieliniowa dla małych stopni otwarcia przepustnicy, użycie jednościżkowego potencjometru jest niedokładne. Taka sytuacja zaistniała w układzie wtrysku jednopunktowego MonoMotronic. Lokalizację czujnika położenia przepustnicy w zespole wtryskowym Bosch MonoMotronic poniższy przedstawia rysunek.

Zakres pełnego otwarcia przepustnicy od biegu jałowego aż do pełnej mocy został podzielony na dwie części (czujnik zawiera dwie równoległe bieżnie oporowe) w celu uzyskania wystarczająco dokładnego odczytu kąta α . Obydwu bieżniom oporowym zostały przyporządkowane równoległe położone bieżnie prowadzące, tzw. bieżnie kolektorowe. Ramię ślizgacza ma cztery ślizgacze odpowiadające każdej poszczególnej bieżni czujnik

2.2. Stycznik biegu jałowego

Szybkie i prawidłowe rozpoznanie całkowitego zamknięcia przepustnicy jest bardzo ważne dla uruchomienia procedur stabilizacji pracy silnika na biegu jałowym, sterowania tempomatem, sterowania dawką wtryskiwanego paliwa, sterowania kątem wyprzedzenia zapłonu i sterowania usuwaniem nadmiaru par paliwa ze zbiornika. Z tego względu część układów pomiarowych wyposaża się w tzw. styki biegu jałowego. Stycznik biegu jałowego jest zwykle umieszczony w zespole przepustnicy. Sterownik otrzymuje odpowiedni sygnał gdy przepustnica znajduje się w położeniu spoczynkowym.

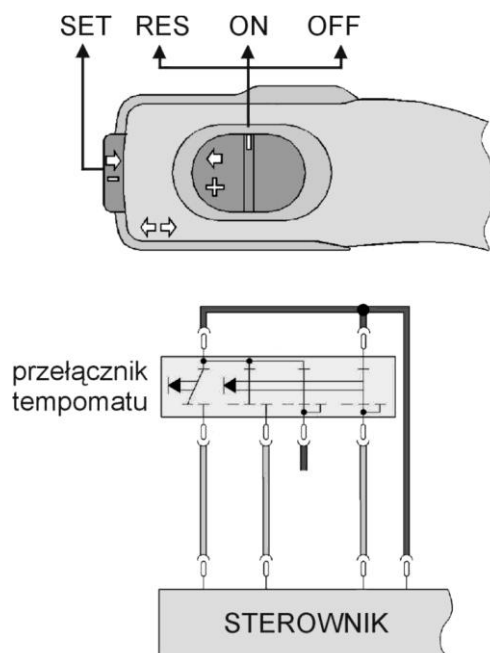


Wprowadzenie do układu stycznika biegu jałowego powoduje niebezpieczeństwo unieruchomienia samochodu w przypadku uszkodzenia stycznika. Jeżeli usterka jest spowodowana zwarcie z masą, sterownik zinterpretuje sygnał jako pracę na biegu jałowym i będzie dążyć do odcięcia dawki przy wzroście prędkości obrotowej silnika. Każda próba przyspieszenia będzie likwidowana przez sterownik.

2.3. Nastawnik tempomatu

Tempomat to zbitka słów angielskich "tempo" i "automat" oznaczająca urządzenie zdolne do utrzymywania niezmiennej, zadanej przez kierowcę prędkości samochodu za pomocą automatycznego sterowania mocą silnika. W miarę rozwoju elektronicznych układów sterowania, tempomat staje się coraz powszechniejszy, podnosząc komfort długotrwałej jazdy. Zadajnik tempomatu jest urządzeniem przekazującym wolę kierowcy (odnoszącą się do prędkości jazdy) do elektronicznego układu sterowania silnikiem.

Zadajnik tempomatu opisany zostanie na przykładzie elementu układu sterowania Motronic 3.8 firmy Bosch. Urządzenie składa się z przełącznika przesuwnego posiadającego trzy pozycje: ON, OFF, RES (reset) oraz z przycisku obsługującego funkcję SET – rysunek poniżej.

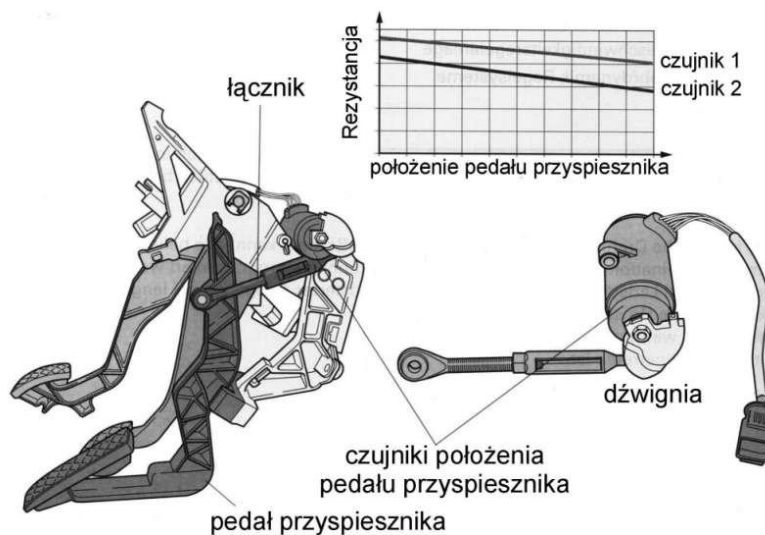


Aktywacja tempomatu następuje jedynie wówczas, gdy wcześniej została nastawiona żądana prędkość jazdy. Może to być zrealizowane dwoma sposobami: poprzez wprowadzenie nowej wartości lub przez utrzymanie suwaka w pozycji RES przez 1 sekundę, a następnie jego zwolnienie.

Tempomat jest automatycznie dezaktywowany po naciśnięciu pedału sprzęgła lub pedału hamulca. Program prędkości jazdy jest także dezaktywowany przez umieszczenie suwaka w pozycji OFF. Gdy to nastąpi, zaprogramowana w jednostce sterującej prędkość jazdy zostanie usunięta z pamięci, co następuje także po wyłączeniu zapłonu.

2.4. Czujniki położenia pedału przyspiesznika

W układach wykorzystujących do sterowania silnikiem automatycznie poruszaną przepustnicę, a więc w układach, w których brak jest mechanicznego połączenia pedału przyspiesznika z przepustnicą, obok potencjometrów położenia przepustnicy stosowane muszą być czujniki położenia pedału przyspieszenia.

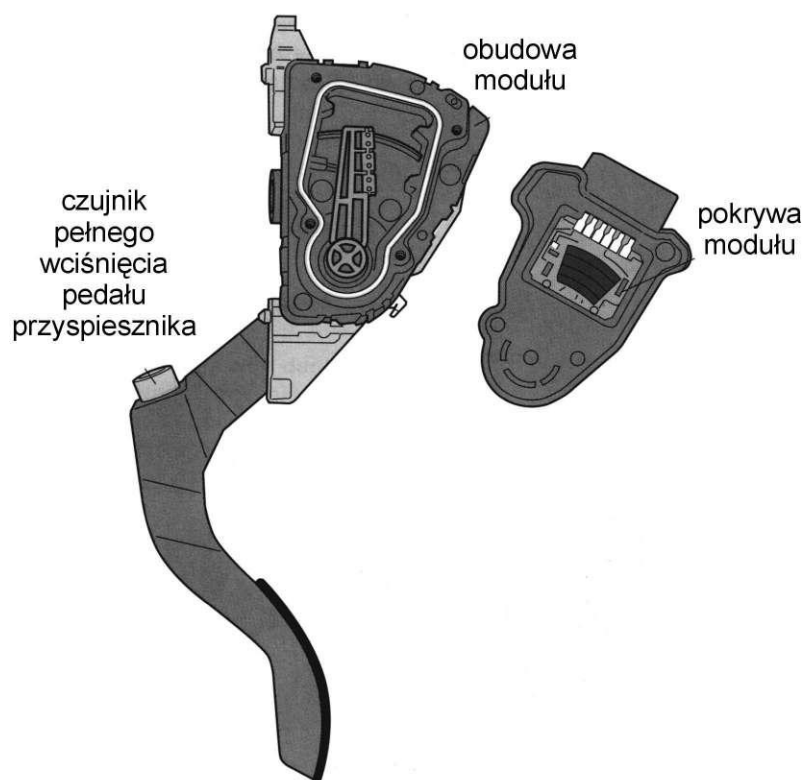


Czujnik pedału gazu przekazuje w zależności od jego ustawienia sygnał analogowy do systemu sterowania. Z reguły w celu zapewnienia niezawodność działania i związanego z tym bezpieczeństwo jazdy stosuje się równoległe dwa czujniki położenia pedału przyspieszenia □ dwa niezależne od siebie potencjometry. Gdy jeden czujnik ulegnie awarii

drugi służy jako rezerwowo. Charakterystyki tych potencjometrów (oporności w funkcji położenia pedału przyspiesznika) nieco różnią się od siebie. Na poniższym rysunku pokazano układ pomiaru położenia pedału przyspiesznika zastosowany w układzie Motronic ME7.

Czujnik położenia pedału przyspiesznika służy przekazywaniu zadanych żądań kierowcy do systemu Motronic oraz jako informacja o zmianie biegu na niższy tzw. "kickdown" (przy wciśnięciu pedału gazu do oporu) dla automatycznej skrzyni biegów.

Zespół czujników pedału przyspieszenia zostaje ostatnio zastępowany przez moduł pedału przyspieszenia □ rysunek poniżej. Nowy moduł pedału przyspieszenia scala pedał przyspieszenia oraz czujnik pedału gazu w jedną jednostkę konstrukcyjną □ rysunek. Czujniki znajdują się w pokrywie obudowy. Zaletami modułu pedału przyspieszenia są przede wszystkim zwarta konstrukcja (małowymiarowość), lekkość, niewielki koszt montażu oraz niskie koszty produkcji.



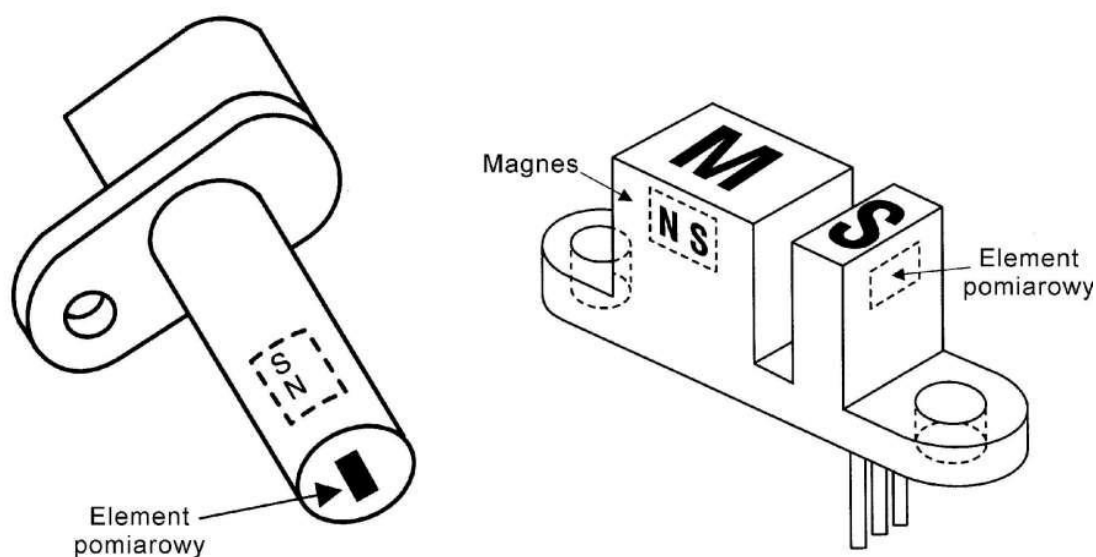
W celu bardziej precyzyjnego sterowania przekładnią automatyczną stosowany jest czujnik pełnego wciśnięcia pedału przyspiesznika (kickdown). Czujnik (włącznik) kickdown

jest uruchamiany po dociśnięciu pedału przyspieszenia do podłogi podczas jazdy. Po wciśnięciu pedału sygnał napięciowy jest przesyłany do urządzenia sterującego. Urządzenie sterujące sprawdza rzeczywisty stan silnika i odpowiednio koryguje parametry wtrysku i mieszanki dla optymalnego zsynchronizowania pracy silnika i przekładni.

3. CZUJNIKI MIERZĄCE WARUNKI PRACY SILNIKA:

3.1. Czujniki położenia wału korbowego

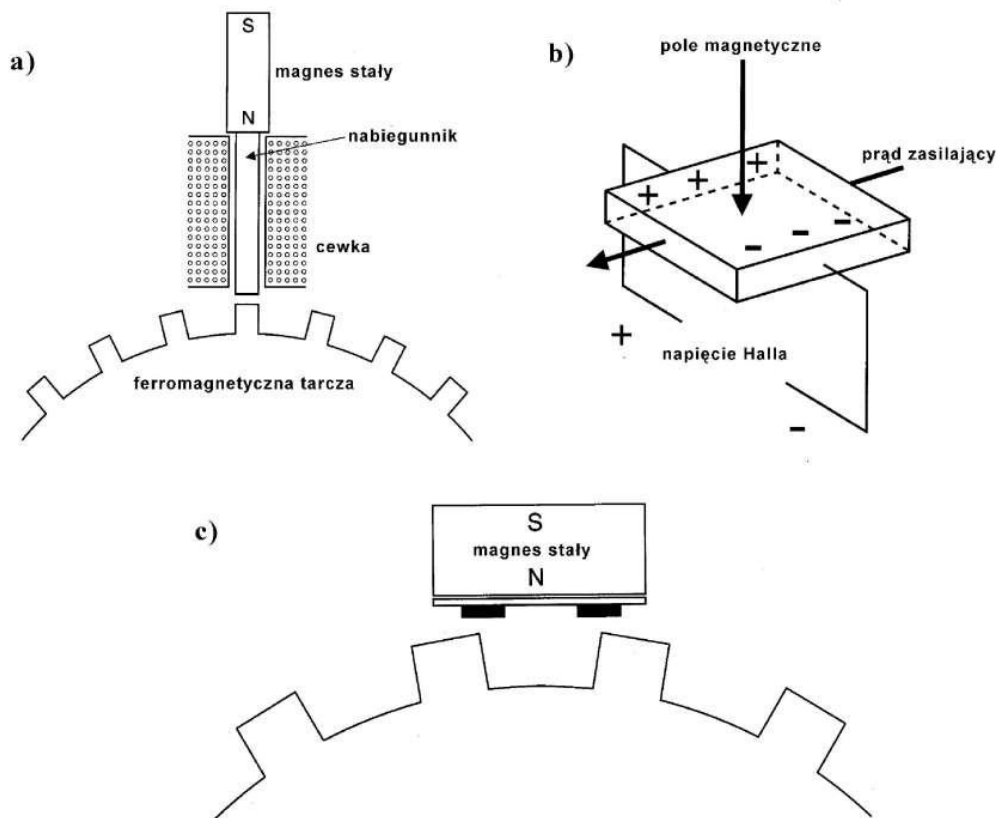
Jednym z najważniejszych sygnałów pomiarowych używanych przez program sterujący silnikiem spalinowym ZI jest sygnał kąтового położenia wału korbowego oraz obliczony na jego podstawie sygnał prędkości obrotowej. Bez tych sygnałów sterowanie silnikiem byłoby bardzo utrudnione. W elektronicznych systemach sterowania silnikiem spalinowym informacje o prędkości obrotowej i chwilowym położeniu wału korbowego uzyskuje się na podstawie sygnału z tego samego czujnika. Informacje te wykorzystywane są przez system sterowania głównie do sterowania kątem zapłonu i przebiegiem wtrysku paliwa. Ponadto sygnał prędkości obrotowej wykorzystywany jest w takich funkcjach sterujących jak stabilizacja pracy na biegu jałowym, usuwanie par paliwa ze zbiornika, sterowanie działaniem kolektora dolotowego o zmiennej długości, określenie pracy zmiennych faz rozrządu czy też aktywizacja wtrysku dodatkowego powietrza do kolektora wylotowego. Układ pomiarowy musi zatem charakteryzować się dokładnością, niezawodnością i trwałością.



Do pomiaru prędkości obrotowej i położenia wału korbowego, jak również jako znacznik GMP, znacznik pracy pierwszego cylindra czy też do pomiaru prędkości obrotowej kół w układzie ABS używane są czujniki położenia. W pojazdach samochodowych stosowane są dwa rodzaje czujników położenia:

- czujniki indukcyjne;
- czujniki hallotronowe.

Rozwinięciem czujnika hallotronowego jest czujnik dwubiegunowy, pokazany na poniższym rysunku.



W celu pomiaru położenia wału korbowego, czujnik współpracuje z tarczą pomiarową. Wyróżnia się trzy podstawowe rodzaje tarcz pomiarowych. Pokazano je na poniższym rysunku. Pierwszy rodzaj tarczy identyfikatory położenia wału ma w postaci wyciętych szczelin, drugi rodzaj tarczy to najczęściej koło zębate, w którym kolejne zęby stanowią znaczniki położenia wału. Ostatni rodzaj tarczy pomiarowej ma wprasowane magnesy trwałe, co znakomicie upraszcza konstrukcję samego czujnika.

3.2. Czujniki prędkości samochodu

Jednym z parametrów wejściowych elektronicznego modułu sterującego określającym warunki pracy samochodu jest prędkość liniowa samochodu. W celu pomiaru prędkości samochodu stosuje się czujnik prędkości liniowej VSS. Zwykle jest on wkręcany w obudowę skrzyni biegów. Z jego drugiej strony przykręcona jest linka do prędkościomierza. Na wirniku czujnika prędkości liniowej umieszczony jest zespół magnesów trwałych. Napędzany jest on z wałka zdawczego w skrzyni biegów. W stanie znajduje się czujnik Halla i układ elektroniczny, który generuje określoną ilość impulsów na jeden obrót wirnika. Częstotliwość tych impulsów jest zatem proporcjonalna do prędkości liniowej samochodu.



3.3. Czujnik temperatury cieczy chłodzącej

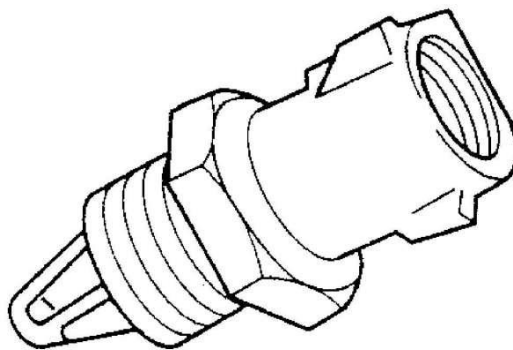
W celu określenia stanu cieplnego w jakim znajduje się silnik stosuje się czujniki temperatury CTS (ang. □ *Coolant Temperature Sensor*) mierzące temperaturę płynu chłodzącego silnika.



Czujnik temperatury zawiera w swojej obudowie termistor typu NTC lub PTC □ rysunek obok. Rezystor jest to element półprzewodnikowy, którego rezystancja maleje wraz ze wzrostem temperatury. Rezystor PTC jest to element półprzewodnikowy, którego rezystancja rośnie wraz ze wzrostem temperatury. W praktyce większe zastosowanie znalazły termistory NTC ze względu na bardziej liniowy przebieg zależności między rezystancją a temperaturą.

3.4. Czujnik temperatury powietrza

Podobnie jak czujnik temperatury cieczy chłodzącej również czujnik temperatury powietrza w kolektorze dolotowym działa na zasadzie rezystora cieplnego (termistora) o ujemnym współczynniku temperaturowym (NTC). W miarę wzrostu temperatury rezystancja czujnika zmniejsza się. Jest on zasilany napięciem 5V z urządzenia sterującego. Często używa się skrótu nazwy czujnika IAT. Na powyższych rysunkach przedstawiono wygląd typowych czujników temperatury powietrza.



Lokalizacja czujnika może mieć trzy główne warianty. W układzie sterowania Motronic 3.8 w wersji z przepływomierzem powietrza czujnik jest zintegrowany z przepływomierzem mimo tego, że jego praca nie jest związana z działaniem

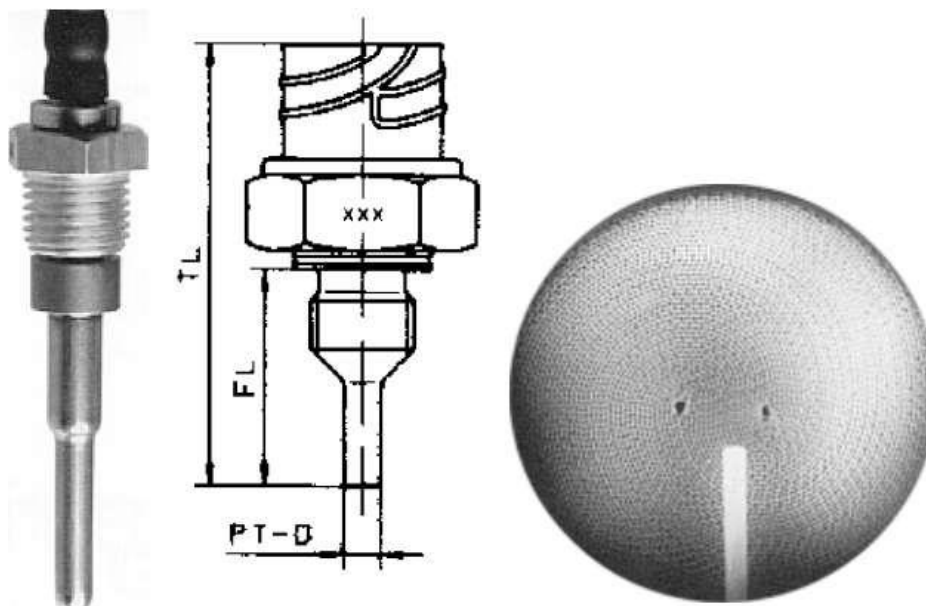
przepływomierza. W wersji bez przepływomierza czujnik jest umieszczony w kolektorze dolotowym.

Czujnik temperatury powietrza układu sterowania Mono□ Motronic znajduje się w zespole wtryskiwacza. Jest to czujnik wykorzystujący rezystor NTC i służy do określania masy zasysanego powietrza. Zjawisko zmian natężenia prądu w obwodzie czujnika zostało wykorzystane jako wielkość regulacyjna. Jego charakterystyka jest podobna do charakterystyki czujnika temperatury silnika, lecz jest dla innego zakresu temperatur.

3.5. Czujnik temperatury katalizatora

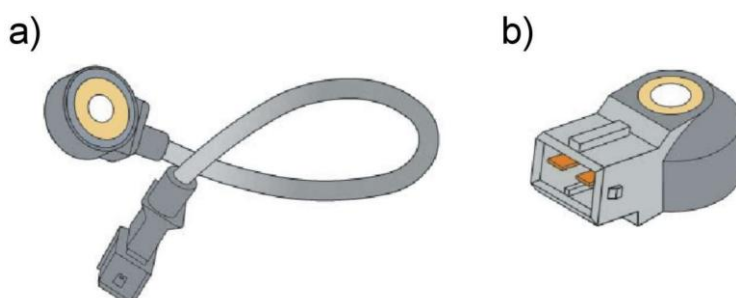
Pomiar temperatury gazu w katalizatorze jest szczególnie ważnym sygnałem diagnostyczno□kontrolnym. Prawidłowa temperatura spalin decyduje o sprawności katalizatora, ochrona przed przegrzaniem katalizatora może przyjąć charakter procedur regulacji bez sztucznego ograniczania mocy silnika podczas kalibracji algorytmu sterowania.

Czujnik temperatury firmy Heraeus (rysunek poniżej) zawiera struktury platyny złożone z kilku warstw. Platynowy czujnik temperatury posiada zakres pomiarowy od □ 70°C do 100°C. Dokładność pomiaru wynosi 1,5% w temperaturze 1000°C. Taki sam czujnik może być używany do pomiaru temperatury oleju lub temperatury cieczy chłodzącej w silniku.



3.6. Czujnik spalania stukowego

Jednymi z najczęściej stosowanych czujników są czujniki przyśpieszeń zwane akcelerometrami. Detektory pracujące z tym rodzajem czujników dokonują analizy widmowej lub czasowej sygnału pochodzącego z czujnika próbując dokonać detekcji spalania stukowego.

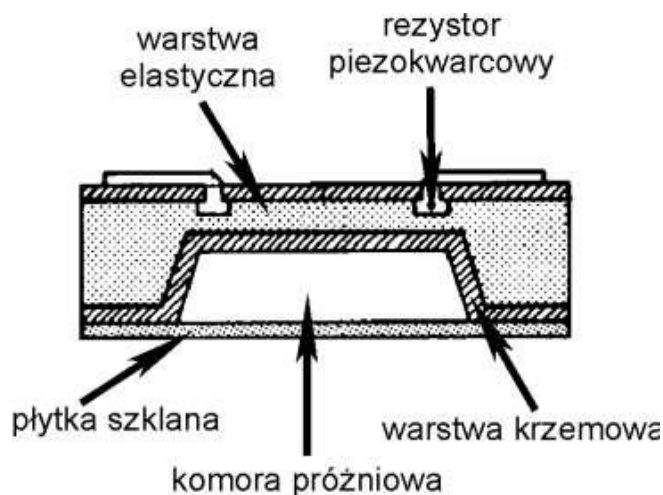


Na rysunku obok przedstawione są szczegóły konstrukcyjne przykładowego akcelerometru mogącego mieć zastosowanie przy wykrywaniu spalania stukowego. Czujnik składa się z obudowy 1 ochraniającej, śruby 2 mocującej czujnik do silnika, gniazda mocującego 8 uformowanego jako część obudowy 1 i dwóch, mających kształt pierścienia, elementów piezoelektrycznych 3 przetwarzających wibrację silnika na sygnał napięciowy. Pomiędzy piezoelektrycznymi 3 umieszczono elektrodę 4 połączoną z przewodami napięciowymi 5. Obciążnik 6 umieszczony jest w czujniku celem zwiększenia siły inercji działającej na elementy piezoelektryczne. Obciążnik, elementy piezoelektryczne i elektroda przymocowane są do obudowy przy pomocy śruby 7. Obudowa 1 dołączona do silnika przy pomocy śruby 2 wprawiana jest w drgania w odpowiedzi na wibracje silnika. Siła inercji obciążnika 6 przykładana jest do elementów piezoelektrycznych 3 co powoduje wytwarzanie napięcia zależnego od amplitudy drgań obciążnika.

3.7. Czujnik ciśnienia w kolektorze dolotowym



Czujniki ciśnienia stosowane są do określenia ciśnienia w kolektorze dolotowym silnika oraz ciśnienia atmosferycznego. Czujnik ciśnienia w kolektorze dolotowym zastępuje przepływomierz powietrza. Zadaniem czujnika jest ciągły pomiar ciśnienia zasysanego powietrza w przewodzie zbiorczym kolektora dolotowego. W związku z tym czujnik ciśnienia jest połączony przewodem elastycznym z odpowiednio dobranym miejscem w kolektorze dolotowym. Poprzez tabelaryczne powiązanie wielkości bieżącego ciśnienia powietrza zasysanego z jego temperaturą i prędkością obrotową można określić natężenie przepływu powietrza.

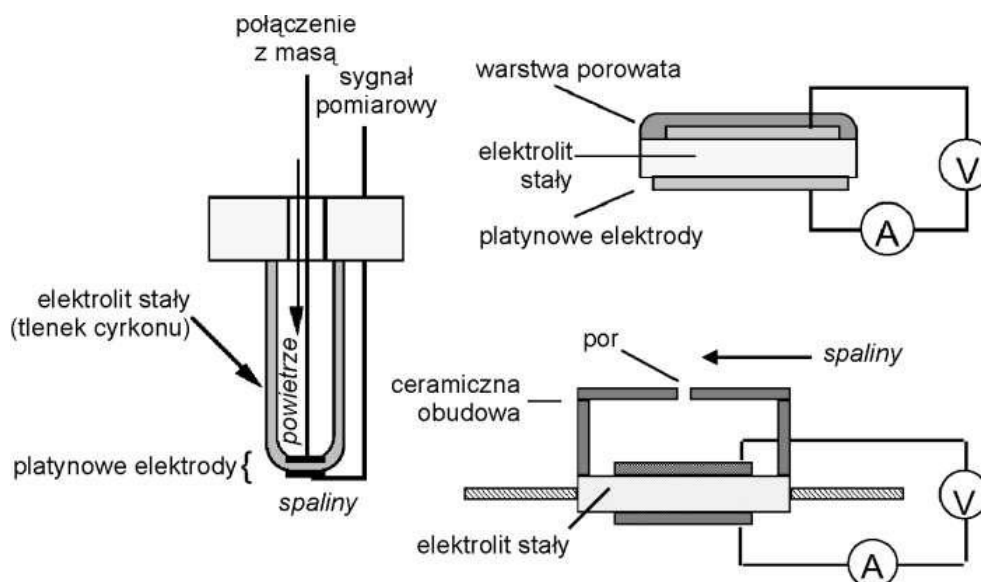


Wewnętrzna budowa czujnika pokazana jest na powyższym rysunku. Ciśnienie doprowadzone przewodem elastycznym do czujnika znajdującego się na przegrodzie czołowej oddziałuje na element piezoelektryczny, przetwarzający jego wartość na odpowiedni sygnał elektryczny o charakterze liniowym. Elementem aktywnym mierzącym

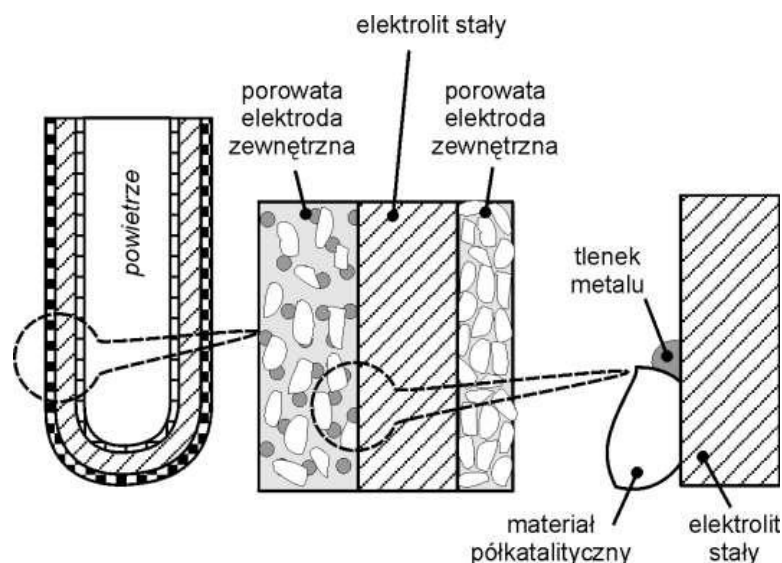
bieżące zmiany ciśnienia jest silikonowy zespolony miniukład (tzw. \square chip \square) o powierzchni 3 mm^2 i grubości 250 m m , w który wtopiono piezorezystory czułe na działanie ciśnienia. W miniukładzie znajduje się także komora próżniowa pełniąca rolę przepony uginającej się pod wpływem ciśnienia. Komora umieszczona jest na ścianie od strony kolektora dolotowego i przykryta jest silikonową warstwą ochronną o grubości 25 m m . Od zewnątrz komora jest zamknięta płytką szklaną. Zmiany ciśnienia w kanale kolektora dolotowego oddziałują na warstwę ochronną, powodując zmianę rezystancji piezoelementu. Powstająca zmiana napięcia w obwodzie zostaje wykryta przez urządzenie sterujące. Czujnik działa więc jak tensometr mierzący naprężenie odkształcalnych elementów, będące miarą różnicy ciśnień między ciśnieniem w kolektorze dolotowym a próżnią w komorze odniesienia. Wzrost ciśnienia powoduje proporcjonalny wzrost napięcia sygnału.

3.8. Wąskopasmowa sonda lambda

Sonda lambda jest miernikiem składu mieszanki działającym w sposób pośredni. Pomiar stężenia tlenu w spalinach odbywa się przy pomocy ogniwa galwanoelektrycznego z elektrolitem w stanie stałym \square tzw. ogniwa Nernst \square a. Jeżeli stężenie tlenu z obu stron sondy jest różne to na elektrodach powstaje potencjał elektryczny ($0 \dots 1 \text{ V}$). W przypadku silnika wielocylindrowego, zmierzony wspólnym dla cylindrów czujnikiem współczynnik λ jest wartością średnią dla cylindrów.



3.9. Szerokopasmowa sonda lambda



Na powyższym rysunku przedstawiono schemat szerokopasmowej sondy lambda. Ogniwo o elektrolicie stałym ma kształt cylindra, zamkniętego z jednej strony. Na obie strony cylindra naniesione są porowate elektrody, zewnętrzna styka się z gazami wylotowymi, wewnętrzna z powietrzem atmosferycznym. Elektrode zewnętrzną wykonano z materiału o właściwościach półkatalitycznych oraz tlenku metalu, który utlenia HC na CO i jest rozkładany w pobliżu punktu trójfazowego.

Nawet spalanie mieszanki bogatej (wskutek niepełnego spalania) pozostawia pewną zawartość tlenu w spalinach. W przypadku mieszanki stechiometrycznej objętościowy udział tlenu wynosi około 1%. Pozostały po procesie roboczym tlen oraz niespalone węglowodory i tlenek węgla szybko reagują w obecności katalizatora, którym pokryta jest jedna z elektrod sondy. Jeżeli aktywność katalizatora będzie niewielka, część tlenu w otoczeniu elektrody nie zostanie przereagowana. Wartość ciśnienia cząstkowego tlenu w gazach spalinowych będzie odpowiadała sytuacji spalania całkowitego i zupełnego mieszanki uboższej niż w rzeczywistości. Przy niewielkiej aktywności katalizatora, ciśnienie cząstkowe tlenu stopniowo zmienia się w funkcji składu mieszanki, duża aktywność katalizatora powoduje, że ciśnienie gazu zmienia się skokowo w punkcie stechiometrycznym.

4. WNIOSKI

Czujniki wykorzystywane do pracy jednostki pozwalają na coraz większą oraz lepszą i stabilniejszą pracę silnika. Pozwalają także na informowanie kierowcy, o bardzo ważnych oraz przydatnych parametrach jak temperatura oleju silnika, temperatura cieczy chłodzącej, ciśnienie oleju. Kierowca posiadając takie informacje jest w stanie dopasować swój styl jazdy do wymagań jednostki napędowej. Obecnie nie wszystkie pojazdy są wyposażone w zestaw dodatkowych wskaźników, ze względu na to iż większość użytkowników czterech kółek po prostu nie zwraca uwagi na poszczególne dane bądź po prostu ich nie rozumie lub nie potrafi odpowiednio i poprawnie zinterpretować.

W obecnych czasach istnieje możliwość dokupienia takich wskaźników. Są one dostępne przede wszystkim dla osób, które starają się wycisnąć każdą możliwą moc z seryjnych silników. Podstawowymi elektrycznymi czujnikami są: czujnik temperatury cieczy chłodzącej, oleju, temperatury spalin, czujnik doładowania ciśnienia w kolektorze dolotowym, czujnik ciśnienia oleju, współczynnik AFR (air fuel ratio).

LITERATURA

1. Diagnostyka i naprawa samochodowych instalacji elektrycznych
2. Czujniki w pojazdach samochodowych 2009
3. Pomiary i badania eksploatacyjne w instalacjach elektrycznych
4. http://sciaga.pl/tekst/35446-36-uklady_kontrolno_pomiarowe_w_samochodach