

Mieczysław Dziubiński

**ELEKTRONICZNE UKŁADY
POJAZDÓW SAMOCHODOWYCH**

Lublin 2003

Recenzent
prof. dr hab. inż. Mirosław Wendeker

Ó Copyright by Mieczysław Dziubiński, Lublin 2003

ISBN 83-89263-05-X

Wydawca
Wydawnictwo Naukowe Gabriel Borowski
20-060 Lublin, ul. Poniatowskiego 1
tel./fax (0 81) 527 12 37
www.wngb.com.pl

SPIS TREŚCI

1. Wstęp	5
2. Czujniki pomiarowe	8
2.1. Czujniki prędkości i położenia wału korbowego	8
2.1.1. Czujniki hallotronowe	9
2.1.2. Czujniki indukcyjne	10
2.2. Przepływomierze	12
2.2.1. Przepływomierz kłapkowy	12
2.2.2. Termoanemometry	13
2.3. Czujniki temperatury cieczy chłodzącej	15
2.4. Czujniki temperatury powietrza	16
2.5. Czujniki położenia przepustnicy	17
2.6. Czujnik ciśnienia	19
2.7. Czujnik tlenu	21
2.8. Czujniki spalania stukowego	23
3. Elementy wykonawcze toru paliwowego i powietrznego	25
3.1. Pompa paliwa z napędem elektrycznym	25
3.2. Regulator ciśnienia paliwa	27
3.3. Wtryskiwacze	29
3.4. Układy sterowania napełnianiem	31
3.4.1. Zawór powietrza dodatkowego	31
3.4.2. Układy obejściowe (bocznikowania powietrza)	32
3.4.3. Nastawniki przepustnicy	37
4. Układy zapłonowe	40
4.1. Aparat zapłonowy	40
4.2. Regulatory kąta wyprzedzenia zapłonu	41
4.3. Cewki zapłonowe	42
4.4. Świece zapłonowe	45
4.5. Elektroniczne układy zapłonowe	46
4.5.1. Elektroniczne układy zapłonowe z gromadzeniem energii w indukcyjności	46
4.5.2. Elektroniczne układy zapłonowe z gromadzeniem energii w pojemności	48
4.5.3. Przegląd elektronicznych systemów zapłonowych	50

5. Elektroniczne urządzenia sterujące (EUS)	55
6. Układy wtrysku benzyny K-Jetronic i D-Jetronic firmy Bosch	64
7. Układy wtrysku benzyny L-Jetronic i Motronic firmy Bosch	72
8. Układy wtrysku Mono-Jetronic i Mono-Motronic firmy Bosch	82
9. Układy wtryskowe benzyny innych firm	87
9.1. Wtrysk benzyny Mitsubishi ECI	87
9.2. Układ wtryskowy Renix	88
9.3. Digifant	89
9.4. Wtrysk benzyny GM Multec	91
10. Gaźnik elektroniczny	95
11. EDC i Common Rail	98
12. Układy zwiększające bezpieczeństwo	101
12.1. Układ przeciwblokujący ABS (Antilock Braking System)	101
12.2. Układ regulacji poślizgu napędu ASR	104
12.3. ESP (ang. Electronic Stability Programm)	105
12.4. Hamulec elektrohydrauliczny EHB	109
12.5. Oświetlenie	111
12.6. Poduszka powietrzna	114
12.7. Pirotechniczne napinacze pasów	118
13. Układy zwiększające komfort	122
13.1. Automatyczna skrzynia biegów	122
13.2. Ograniczniki i regulatory prędkości	123
13.3. Komputer pokładowy	127
13.4. Klimatyzacja	129
13.5. Zabezpieczenia przed kradzieżą	133
13.6. Nawigacja satelitarna	135
Literatura	138

1. WSTĘP

Z uwagi na teoretyczny charakter pracy zdecydowano się na przedstawienie szeregu przykładów ilustrujących nowoczesne rozwiązania techniczne i obecnie obserwowane tendencje rozwojowe. Z szerokiego wachlarza dostępnych rozwiązań wybrano tylko te najciekawsze i, zdaniem autora, najtrafniejsze.

Wraz z rozwojem techniki nastąpił gwałtowny wzrost wymagań klientów firm samochodowych i przyszłych kierowców. Od pojazdu, prócz niezawodnej konstrukcji, komfortu i ciekawej stylistyki, wymaga się bezpieczeństwa jazdy, ekonomii i ekologii. W najnowocześniejsze systemy elektroniki głównie wyposażane są samochody klasy wyższej, ale dużą ich część można znaleźć również w samochodach niższych klas.

Audi oferuje swoim klientom samochody A6 wyposażone między innymi w reflektory Xenon Plus z układem spryskiwaczy i automatyczną regulacją ich zasięgu, skórzane fotele posiadające elektryczną regulację i podgrzewanie, bezstopniową skrzynię biegów multitronic. Dodatkową cechą jest seryjnie montowana klimatyzacja, która posiada nowy czujnik dbający o to, by do wnętrza nie dostawały się nieprzyjemne zapachy i automatycznie zamyka dopływ powietrza do środka samochodu. W chwili, gdy powietrze będzie już bardziej czyste, czujnik sam przełącza klimatyzację na obieg zewnętrzny. Ciekawe unowocześnienie to asystent hamowania, który stanowi integralny element obecnej generacji systemu ESP. W chwili awaryjnego hamowania, automatycznie zwiększa się ciśnienie hamowania. Elektronika hy-

draulicznego asystenta rozpoznaje tę sytuację na podstawie szybkości i siły nacisku na pedał hamulca. Wtedy to w ciągu milisekund automatycznie następuje zwiększenie ciśnienia hamowania ponad wartość, którą wytworzył kierowca za pośrednictwem pedału hamulca. Kolejną cechą jest wspomaganie układu kierowniczego Servotronic, którego siła działania zależy od prędkości jazdy. Dodano także elektroniczny tachometr „logbook”. Jest on pierwszym systemem na świecie montowanym seryjnie. Czerpie dane z systemu nawigacji i sam zapisuje miejsce rozpoczęcia i zakończenia podróży

Konkurencyjne technicznie rozwiązania wykorzystano przy tworzeniu Mercedesa klasy S. Standardowo wyposażono go w następujące układy elektroniczne:

- automatyczną skrzynię 5-biegową wraz z tempomatem i regulowanym ograniczeniem prędkości „Speedtronic”,
- wskaźnik biegu na desce rozdzielczej,
- boczne okienne poduszki powietrzne,
- elektryczne podnoszenie okien z przodu i z tyłu,
- elektroniczną blokadę zapłonu,
- fotel pasażera z przodu z wmontowaną kontrolką zajęcia miejsca przez osobę dorosłą lub przez fotelik do przewozu małego dziecka „Baby Smart”,
- kalkulator podróży,
- kolumnę kierownicy regulowaną elektrycznie (automatyczne odsuwanie się kolumny w momencie wsiadania i wysiadania z pojazdu),
- manualne włączanie świateł drogowych lub automatyczne przez czujnik jasności, wraz z opcją opóźnionego wygaszania świateł po zaparkowaniu pojazdu,

- radio „MB Audio 10” wraz z 10 głośnikami i anteną radiową zintegrowaną z szybą tylną,
- układ kierowniczy z siłą wspomagania zależną od prędkości jazdy,
- asystenta siły hamowania BAS,
- czujnik deszczu,
- system ABS,
- system ESP,
- system przeciwpółślizgowy ASR,
- system składania kolumny kierowniczej w momencie wypadku,
- zamek centralny z automatyczną blokadą i funkcją zdalnego otwarcia w momencie wypadku,
- zamek sterowany promieniami podczerwonymi na odległość wraz ze świetlnym potwierdzeniem zamknięcia pojazdu,
- zawieszenie na poduszkach powietrznych z systemem tłumienia wstrząsów i regulacją wysokości zawieszenia.

Dodatkowo są oferowane układy elektrycznej regulacji foteli wraz z pamięcią ustawień, system automatycznego ściemniania lusterka wewnętrznego oraz lewego lusterka zewnętrznego, a także układ czyszczenia reflektorów.

Wiadome jest, że przyszłość samochodu należy do komputerów zarówno w sferze projektowania jak i późniejszego ich użytkowania. Z biegiem czasu pojazdy będą w większym stopniu obsługiwane przez pokładowe systemy komputerowe, które dzięki wielkiej ilości mikroprocesorów, czuwających nad pracą poszczególnych zespołów i nad istniejącymi warunkami drogowymi, dostarczą prowadzącemu pojazd niezbędnych do bezpiecznej jazdy informacji. Z pewnością wykluczy to ewentualne błędy kierowcy, po uwzględnieniu jego charakteru a nawet wieku. Niektóre drogie modele aut już dziś wyposaża się w inteligentne automatyczne

sekwencyjne skrzynie biegów, pamiętające upodobania kierowców, które pomagają eliminować popełniane błędy lub im zapobiegać.

Przewiduje się, że największy postęp nastąpi w dziedzinie bezpieczeństwa aktywnego, ochrony środowiska, inżynierii ruchu, a także w zastosowaniu nowoczesnych źródeł energii, przy zmianach rodzaju silnika napędzającego pojazd. Cała gama urządzeń i mikroprocesorów zacznie czuwać nad zachowaniem właściwej odległości między jadącymi pojazdami, ostrzegać o przeszkodach itp. Należy spodziewać się unowocześnienia systemów hamulcowych ABS, napędzających koła i hamujących poszczególne koła ASR, ESP, ESB, EHB, których siły zostaną określone elektronicznie. Prawdopodobnie radary i noktowizjery odegrają znaczną rolę w systemach oceny sytuacji drogowej, systemach kierowania i nawigacji satelitarnej GPS.

Na pewno przyszłość należeć będzie do silnika elektrycznego z własnym ogniwem paliwowym. Zerowa emisja spalin i minimalny hałas samochodów z silnikiem takiego rodzaju, a także zalety trakcyjne napędu inspirują naukowców i technologów, by wykorzystać ów proces elektroenergetyczny w motoryzacji. Ekonomiczność projektu polega na zastosowaniu wodoru, którego zasoby są wielkie i odnawialne, a ideę działania stanowi uzyskiwanie prądu elektrycznego z wodoru i tlenu bez ich spalania. Można uzyskać w pakiecie moc ok.30 kW z ogniwa, które mieści się w samochodzie i mimo, że spotyka się już na drogach prototypy daleko wciąż do uzyskania pełnej sprawności tych urządzeń. Dopuszcza się jednak przemysłowe stosowanie ich w przyszłości, jak obecnie silników benzynowych czy wysokoprężnych.

Obserwuje się zatem znaczną poprawę komfortu i bezpieczeństwa jazdy dzięki zastosowaniu nowych systemów elektronicznych. Na szybki rozwój nauki i techniki, pracujących wspólnie dla przemysłu motoryzacyjnego ma wpływ, poza poszukiwaniem alternatywnych, bardziej wydajnych i mniej szkodliwych dla środowiska źródeł energii, tendencja do miniaturyzacji i pełnej automatyzacji dziedzin życia ludzkiego. Tak długo, jak człowiek będzie potrafił ujarzmić siły natury potęgą swojego umysłu, którego narzędzie stanowi wysoko postawiona dziś technika, można będzie

zauważyć niewiarygodnie szybki rozwój technologiczny, co również wpłynie na sposoby komunikacji i transportu, czyli na motoryzację.

Autor serdecznie dziękuje firmie Robert Bosch GmbH za udostępnienie do publikacji wybranych materiałów oraz Panu prof. dr hab. inż. Mirosławowi Wenderkerowi za życzliwe i krytyczne uwagi, które pozwoliły udoskonalić treść książki. Odrębne podziękowania należą się Pani Annie Poznańskiej i Panu Piotrowi Szymczakowi za przygotowanie wstępnego składu komputerowego.

2. CZUJNIKI POMIAROWE

Czujniki samochodowe muszą zapewnić wysoką dokładność pomiaru a przy tym charakteryzować się trwałością oraz niskimi kosztami konstrukcji i eksploatacji. Zainstalowane w silniku spalinywym czujniki muszą wytrzymywać: temperatury w zakresie od -40 do $+140^{\circ}\text{C}$, przyspieszenia wibracyjne do 30 g, 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 produkowane są 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.

Rozdział ten zawiera informacje o następujących czujnikach pomiarowych:

- czujniki identyfikujące numer cylindra i położenia wału korbowego,
- przepływomierze,
- czujniki temperatury,
- czujniki położenia przepustnicy,
- czujniki ciśnienia,
- czujniki tlenu,
- czujniki spalania stukowego.

2.1. Czujniki prędkości i 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.

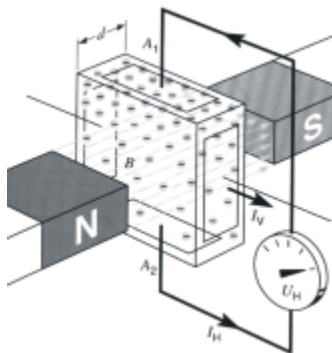
Do pomiaru prędkości obrotowej i położenia wału korbowego, jak również jako znacznik GMP, znacznik pracy pierwszego cylindra czy też do pomiaru prędkości obrotowej kół w układzie ABS używane są czujniki położenia. W pojazdach samochodowych stosowane są dwa rodzaje czujników położenia:

- czujniki hallotronowe,
- czujniki indukcyjne.

2.1.1. Czujniki hallotronowe

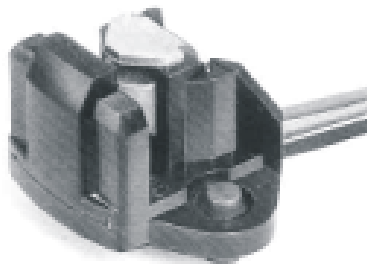
Zjawisko Halla swoją nazwę zawdzięcza nazwisku amerykańskiego fizyka. Polega ono na odchyleniu strumienia elektronów w polu magnetycznym. Umieszczając prostopadłościenną płytkę materiału półprzewodnikowego w polu magnetycznym NS a następnie wymuszając przepływ elektronów w niej (prąd I_V) przez podanie napięcia zasilającego w płaszczyźnie prostopadłej do linii sił pola magnetycznego, nastąpi zróżnicowanie potencjałów (U_H) w trzeciej płaszczyźnie prostopadłej do obu poprzednich – rys. 2.1.

W praktycznej realizacji element Halla (zbudowany z materiału o silnych właściwościach hallotronowych – np. z arsenku indu czy antymonku indu) montowany jest na płycie metalowej w pewnym oddaleniu od magnesu stałego (trwałego). Magnes wyposażony jest w magnetowody. Pole magnetyczne i przyłożone napięcie do czujnika Halla powodują powstanie napięcia pomiarowego. Wprowadzenie ekranu pomiędzy czujnik Halla a magnes (zmiana reaktancji szczeliny powietrznej) powoduje, że linie sił pola magnetycznego zamykane są w obrębie magnetowodów, co zeneruje sygnał pomiarowy. Często spotyka się rozwiązania czujnika w postaci trzpienia.



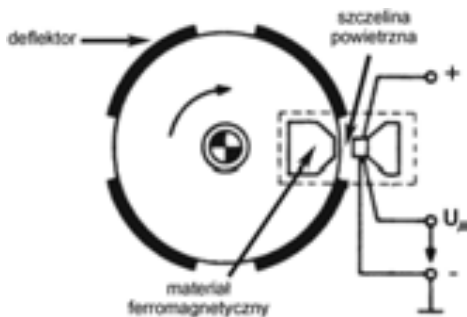
Rys. 2.1. Schemat ilustrujący zjawisko Halla [9]

W pojazdach samochodowych zjawisko Halla wykorzystuje się w czujnikach położenia wału korbowego i prędkości obrotowej, a także w układach zapłonowych do identyfikacji numeru cylindra (rys. 2.2, 2.3 i 2.4). Obracająca się osłona magnetyczna ekranuje czujnik Halla od pola magnetycznego magnesu stałego. Przerwa w osłonie powoduje swobodny przepływ pola magnetycznego przez czujnik Halla i wyindukowanie w nim sygnału prądowego. Osłona musi obracać się z prędkością dwukrotnie mniejszą od prędkości obrotowej wału korbowego (rozważamy czterosuwowy silnik tłokowy). W pierwszych rozwiązaniach osłona sprzężona była z aparatem zapłonowym, napędzanym od wałka rozrządu. W rozwiązaniach bezrozdzielaczowych osłonę związuje się bezpośrednio z wałkiem rozrządu.

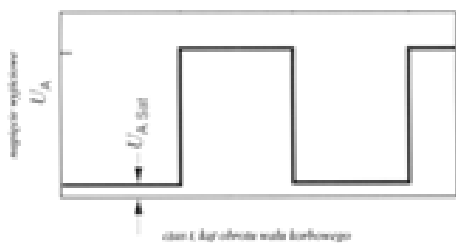


Rys. 2.2. Czujnik Halla w jednej obudowie z magnesem [9]

Niektóre silniki są wyposażone w wirującą przesłonę z nacięciami, w której jeden segment ma szerokość tylko 21° a sąsiadujące z nim wycięcie ma szerokość 39° . Pozostałe pięć segmentów i luk ma po 30° szerokości. Ta nieregularność nacięć pozwala urządzeniu sterującemu na określenie położenia tłoka w cylindrze o numerze 1, a więc i na określenie kolejności wtrysku przy sterowaniu wtryskiem szeregowym lub grupowym.



Rys. 2.3. Schemat układu pomiarowego z czujnikiem Halla do identyfikacji numeru cylindra [23]

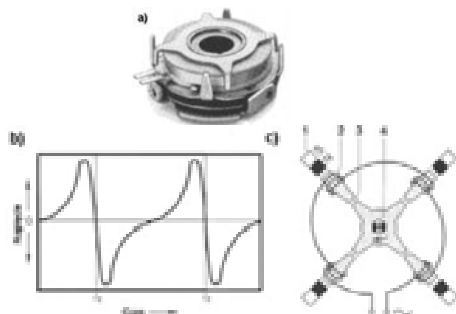


Rys. 2.4. Wykres przebiegu napięcia w funkcji czasu [9]

2.1.2. Czujniki indukcyjne

Zasada działania czujnika magnetoindukcyjnego (reluktancyjnego) polega na tym, że magnes trwały wytwarza strumień magnetyczny, który obejmując cewkę zamyka się przez bieguny stojana, szczelinę powietrzną i bieguny wirnika. Podczas wirowania wirnika następuje zmiana oporu magnetycznego obwodu – od minimalnego (gdy bieguny wirnika są usytuowane naprzeciw biegunów stojana) do maksymalnego (gdy bieguny te są oddalone od biegunów stojana). W wyniku zmian strumienia w cewce czujnika indukuje się siłą elektromotoryczną której przebieg przedstawiono na rysunku. Impulsy te doprowadzone do układu sterowania modułu elektronicznego, wywołują naprzemian stan przewodzenia i blokowania tranzystora

układu. Konstrukcje czujników magnetoindukcyjnych mogą się różnić, ale zasada ich działania jest taka sama. Początek i koniec cewki czujnika są wyprowadzone na zewnątrz rozdzielacza. Wirnik z biegunami jest ułożyskowany na wałku rozdzielacza podobnie jak krzywka w rozdzielaczu z przerywaczem stykowym.



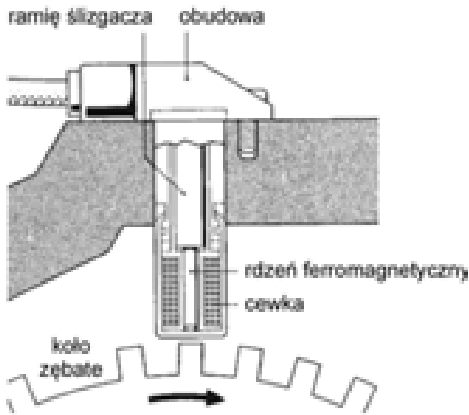
Rys. 2.5. Czujnik reluktancyjny stosowany w bezstykowych układach zapłonowych [9]:

a) czujnik, b) sygnał napięciowy generowany przez czujnik, c) schemat czujnika

1 – magnes trwały, 2 – uzwojenie, 3 – szczelina, 4 – element wirujący

Elektromagnetyczny czujnik położenia i prędkości obrotowej wału korbowego silnika zawiera: magnes stały, rdzeń ferromagnetyczny i nawinięte na tym rdzeniu uzwojenie. Czujnik prędkości obrotowej wytwarza zmienne sygnały napięciowe – rys. 2.5.

Koło zamachowe jest wyposażone w wieniec zębaty z oznaczonymi punktami odpowiadającymi położeniom zwrotów zewnętrznych tłoków silnika – rys. 2.6. Ruch obrotowy koła pasowego powoduje przemieszczenie się zębów przed czołem czujnika i w konsekwencji generację impulsów elektrycznych w uzwojeniu czujnika. Każdemu przejściu zęba w osi czujnika towarzyszy impuls elektryczny. Impulsy występują co 6° kąta obrotu wału korbowego, a ilość impulsów w pełnym obrocie wynosi 58 i odpowiada liczbie zębów



Rys. 2.6. Schemat budowy czujnika reluktancyjnego [23]

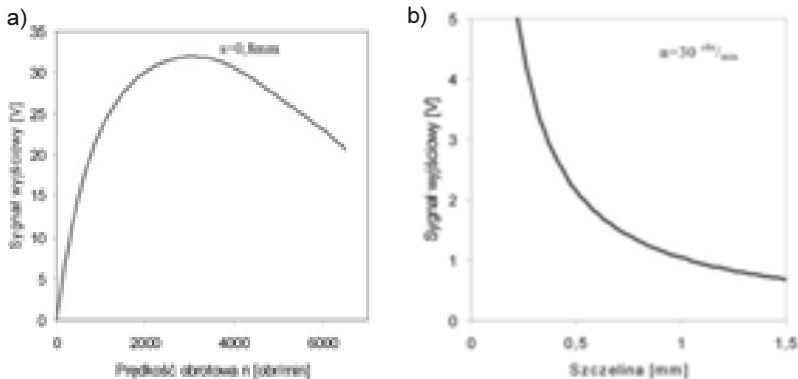
Elektroniczny sterownik oblicza dokładnie prędkość obrotową silnika na podstawie częstotliwości impulsów z czujnika, a przerwa wynikająca z braku dwóch zębów na obwodzie koła pasowego stanowi dla sterownika punkt odniesienia do określenia chwilowego położenia wału w każdym obrocie. Jest bezwzględnie wymagane, aby szczelina między rdzeniem czujnika a grzbietem zębów mieściła się w granicach $0,4 \div 1$ mm, gdyż w przeciwnym razie może nastąpić nieprawidłowe działanie układu.



Rys. 2.7. Czujniki indukcyjne [9].

Brak dwóch zębów na obwodzie koła impulsowego stanowi punkt odniesienia, dzięki któremu do centralnego urządzenia sterującego jest dostarczona informacja, kiedy silnik znajduje się w zewnętrznym punkcie zwrotnym. Brak zębów na kole jest dokładnie umieszczony 60° przed zwrotem zewnętrznym tłoka w cylindrach 1 i 5. Szerokość jednego zęba odpowiada obrotowi wału korbowego o 6° .

Każdemu pojawieniu się elementu ferromagnetycznego w osi czujnika towarzyszy impuls elektryczny. Zmieniający się



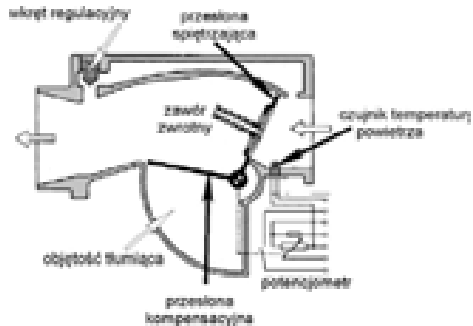
Rys. 2.8. Charakterystyki czujnika indukcyjnego [15]

a) zależność sygnału wyjściowego od prędkości obrotowej, b) zależność sygnału wyjściowego od wielkości szczeliny czujnika położenia wału korbowego

Tabela 2.1. Podstawowe parametry czujnika położenia wału korbowego

Zakres pomiarowy	20...7000 obr/min
Temperatura pracy	- 40...+150° C
Maksymalne mierzone przyspieszenie	1200 m/s ²
Rezystancja (przy 20° C)	540 Ω
Zakres sygnału	0...75V

strumień magnetyczny indukuje w zwojach cewki napięcie zmienne o przebiegu sinusoidalnym. Wielkość amplitudy zależy od prędkości obwodowej koła, od szczeliny między zębami a czujnikiem, od kształtu zębów, charakterystyki magnetycznej czujnika i sposobu jego zamocowania. Rozwiązania konstrukcji czujników indukcyjnych przedstawia rys. 2.7, a charakterystyki i parametry przedstawione są na rys. 2.8 oraz w tabeli 2.1.



Rys. 2.9. Przepływomierz klapkowy [23].

2.2. Przepływomierze

Przepływomierze stosowane są do pomiaru masy lub objętości przepływającego powietrza. Pozwala to na szacowanie masy powietrza dostarczanego do cylindra. W zależności od budowy rozróżniamy przepływomierze:

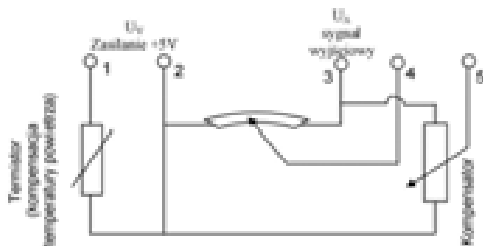
- klapkowe,
- termoanemometry.

2.2.1. Przepływomierz klapkowy

Przepływomierz klapkowy mierzy objętość przepływającego prądu powietrza. Przepływające przez czujnik powietrze powoduje wychylenie ruchomej kłapy połączonej z ramieniem potencjometru (rys. 2.9). Powoduje to zmianę rezystancji czujnika a przez to zmianę napięcia wyjściowego, proporcjonalnego do wydatku objętościowego powietrza prze-

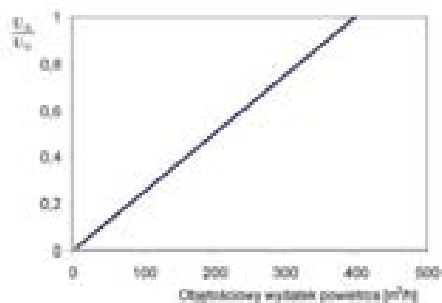
plywającego przez ten czujnik. Dodatkowo przepływomierz posiada kompensacyjny czujnik temperatury przepływającego powietrza.

Siła wytworzona strumieniem przepływającego powietrza działa na przesłone spiętrzającą przepływomierza i powoduje odchylenie przesłony o określony kąt, zależny od wielkości natężenia strumienia powietrza, pokonując opór sprężyny powrotnej. Dla stałej wartości natężenia strumienia kąt odchylenia przesłony jest stały. Wartość tego kąta, zmierzona przez potencjometr sprzężony z przesłoną, jako informacja o położeniu przesłony, zostaje przesłana do urządzenia sterującego w postaci sygnału elektrycznego. W celu wyeliminowania wpływu zmian temperatury oraz starzenia się potencjometru urządzenie sterujące podaje jedynie wartość odpowiednich proporcji rezystancji (rys. 2.10.).



Rys. 2.10. Schemat połączeń i zasada działania przepływomierza klapkowego [23]

Ilość zasysanego powietrza jest odwrotnie proporcjonalna do sygnalizowanego napięcia potencjometru (rys. 2.11.). Trwale połączona z przesłoną spiętrzającą przesłona kompensacyjna ma za zadanie kompensować ewentualne wahania ciśnienia. Z tego powodu jej powierzchnia dokładnie odpowiada powierzchni przesłony spiętrzającej. Dzięki temu wahania ciśnienia nie mają wpływu na pomiar ilości powietrza. Objętość tłumiąca wokół przesłony kompensacyjnej w znacznym stopniu pozwala na wyeliminowanie wahań sygnału pomiarowego. W przesłonie spiętrzającej umieszczono zawór zwrotny otwierający się pod wpływem wystąpienia wzrostu ciśnienia w kolektorze. Zadaniem zaworu zwrotnego jest ochrona przesłony spiętrzającej w przypadku wystąpienia zapłonu mieszanki w kolektorze dolotowym.



Rys. 2.11. Charakterystyka przepływomierza klapkowego [23].

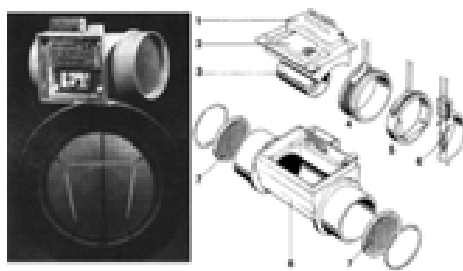
2.2.2. Termoanemometry

Termoanemometry są czujnikami masyowego przepływu powietrza przez kolektor dolotowy. W zależności od konstrukcji elementu termicznego możemy wyróżnić termoanemometry:

- z gorącym drutem,
- płytkowy.

W przepływomierzach termoanemometrycznych pomiar natężenia przepływu polega na pomiarze natężenia prądu potrzebnego do utrzymania temperatury elementu gorącego na poziomie $130\text{ }^{\circ}\text{C}$ powyżej temperatury otoczenia. Elementem pomiarowym jest w zależności od rozwiązania konstrukcyjnego platynowy drut (rys. 2.12.) lub płytka. Wartość prądu wymagana do utrzymywania temperatury na stałym poziomie jest bezpośrednim wskaźnikiem masy przepływającego powietrza.

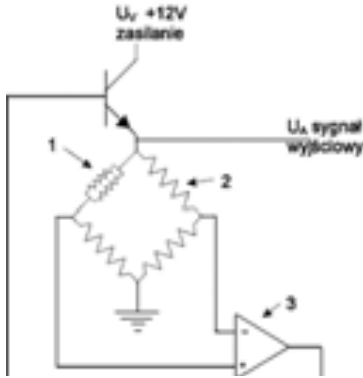
Przepływomierz jest zrównoważonym mostkiem (rys. 2.13.). Jedną jego część stanowią rezystory nagrzewające (1), drugą rezystor służący do pomiaru temperatury



Rys. 2.12. Termoanemometr z „gorącym drutem” [5]

1 – płytka przyłączy elektrycznych, 2 – obwód hybrydowy obejmujący poza układem elektrycznego mostka również układ kompensacji temperatury oraz układ eliminacji zakłóceń, 3 – rura wewnętrzna, 4 – rezystor pomiarowy, 5 – element z termoanemetrem, 6 – rezystor kompensacji temperatury, 7 – siatka ochronna, 8 – obudowa

powietrza (2). Ze wzrostem strat ciepła mostek przestaje być skompensowany. Wzmacniacz różnicowy (3) reaguje na niewyrównoważenie przez podniesienie napięcia polaryzacji tranzystora zasilającego.



Rys. 2.13. Schemat termooanemometru [33]
1 – nagrzewnica (element pomiarowy), 2 – kompensator temperatury powietrza, 3 – wzmacniacz

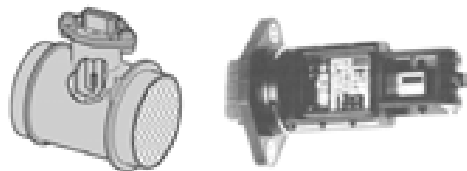
Większość termooanemometrów generuje tzw. napięciowy sygnał wyjściowy. Spotykane są też czujniki z częstotliwościowym sygnałem wyjściowym. Sterowany napięciowo oscylator zamienia wahania napięcia na sygnał częstotliwościowy, który jest kierowany do urządzenia sterującego. W celu ustalenia charakterystyki pomiarowej przepływomierze muszą być kalibrowane w dwóch punktach krańcowych. W algorytmie obliczeniowym dolny zakres przedziału częstotliwości wynosi $2475 \text{ Hz} \pm 4\%$ co odpowiada przepływowi powietrza około 5 g/s . Górna granica częstotliwości wynosi $8140 \text{ Hz} \pm 4\%$ co w przybliżeniu odpowiada przepływowi powietrza 80 g/s .

W przeciwieństwie do przepływomierzy kłapowych w układach wtryskowych samochodów w tym przypadku mierzony jest masowy wydatek powietrza, a nie

wydatek objętościowy (ilość powietrza). Zaletą przepływomierza termooanemometrycznego (z „gorącym drutem”) jest fakt, że nie zwiększa on oporów przepływu powietrza, co występowało w przypadku stosowania tarczy lub przesłony spiętrzającej. Wyeliminowanie związanego z tym dodatkowego dławienia przepływu umożliwia osiągnięcie większej mocy maksymalnej silnika.

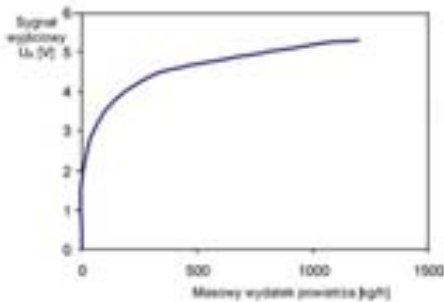
Do dokładnego określenia masy zasysanego powietrza, także w przypadku pulsacji strumienia w przepływomierzu, sygnał elektryczny termooanemometru jest rejestrowany w bardzo krótkich odstępach czasu, a wyniki przetwarzane z dużą częstotliwością w procesorze układu sterującego (nawet z częstotnością 1000 Hz).

Przepływomierze mechaniczne charakteryzuje duża bezwładność zaś przepływomierze termooanemometryczne są podatne na urazy mechaniczne (zanieczyszczenia przepływającego powietrza). Obecnie coraz częściej przepływomierze z „gorącym drutem” zastępowane są przez termooanemometry z „gorącym filmem” (rys. 2.14). W przepływomierzu z termooanemetrem warstwowym wszystkie trzy elementy (drut platynowy, czujnik temperatury i precyzyjny rezystor pomiarowy) są zespolone jako rezystory warstwowe umieszczone na spieku ceramicznym. Rezystor w postaci gorącej warstwy znajduje się poza strumieniem głównym przepływomierza, nie jest więc narażony na zanieczyszczenia.



Rys. 2.14. Przepływomierz termooanemometryczny z elementem pomiarowym [9]

W rozwiązaniu tym wyeliminowano uszkodzenia czujnika w przypadku wystąpienia niemożliwych do przewiedzenia zapłonów mieszanki przy otwartym lub nieuszczelnym zaworze dolotowym (tzw. „strzałów” do kolektora dolotowego). Jednocześnie zmniejsza się narażenie czujnika na zanieczyszczenie, gdyż tylko niewielka część ogólnego strumienia powietrza zasysanego przepływa przez czujnik. Jeśli dołączyć do tego zawór regulujący prędkość obrotową biegu jałowego, powstaje bardzo zwarty wielofunkcyjny zespół konstrukcyjny. Potrzebne są w tym przypadku dodatkowo, oprócz elementu chłodzącego, jedynie dwie proste części z tworzywa sztucznego stanowiące dodatkową gardziel przepływową. Charakterystykę termooanometru przedstawia rys. 2.15.



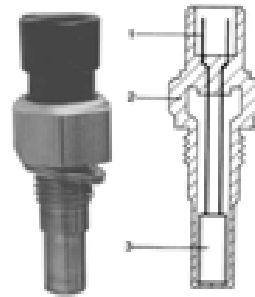
Rys. 2.15. Charakterystyka termooanometru [15]

2.3. Czujniki 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. Rezystor NTC (ang. – *Negative Temperature Coefficient*) jest to element półprze-

wodnikowy, którego rezystancja maleje wraz ze wzrostem temperatury. Rezystor PTC (ang. – *Positive Temperature Coefficient*) 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. Widok czujnika przedstawia rys. 2.16.



Rys. 2.16. Budowa czujnika temperatury [23]: 1 – złącze elektryczne, 2 – obudowa, 3 – rezystor

Najczęściej stosuje się trzy miejsca zamocowania czujnika temperatury cieczy chłodzącej. W układach sterowania Multec i Mono-Motronic czujnik jest zainstalowany w kolektorze dolotowym pod korpusem przepustnicy, w miejscu, gdzie ma styczność z płynem chłodzącym silnika.

W układzie sterowania Motronic 3.8 w wersji dla silnika czterocylindrowego 20V czujnik umieszczony jest na boku kadłuba silnika, natomiast w silniku pięciocylindrowym V5 umieszczony jest na bloku silnika w pobliżu króćca wyjściowego cieczy chłodzącej z termostatu.

W układzie sterowania silnika Holden 2,2L MPFI samochodu Lublin II czujnik temperatury płynu chłodzącego (silnika) umieszczony jest w korpusie wykonanym z metalu i wkręcony w obudowę termostatu.

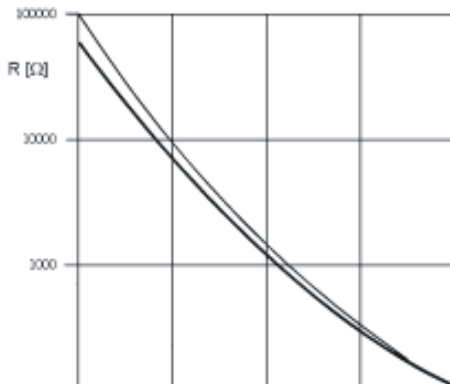
Czujnik temperatury cieczy chłodzącej zastosowany w układzie sterowania Multec silnika samochodu Polonez zbudowany jest z rezystora NTC o ujemnym współczynniku temperatury (termistor) umieszczonego w metalowym korpusie. Termistor ma rezystancję równą $R_{25} = 2,887 \text{ k}\Omega$ w temperaturze 25°C . Charakterystyka termistora opisana jest równaniem:

$$T = -23,7612 \cdot \ln(R_T) + 53,7057 \quad (2.1)$$

gdzie:

R_T – rezystancja termistora $\text{k}\Omega$,
 T – temperatura $^\circ \text{C}$.

Charakterystyki zmian rezystancji czujników w funkcji temperatury cieczy chłodzącej przedstawia rys. 2.17 i tabela 2.2.



Rys. 2.17. Logarymiczna charakterystyka rezystancji czujników temperatury układu sterowania Multec (linia gruba) i Mono-Motronic (linia cienka) [23]

Czujnik udostępnia sterownikowi sygnał (napięcie), którego wartość zmienia się wraz ze zmianą temperatury cieczy chłodzącej. Czujnik temperatury zasilany jest napięciem 5V z centralnego urządzenia sterującego. Jest on wyposażony w dwa styki: zasilanie +5V i styk odniesienia o ujemnym potencjale.

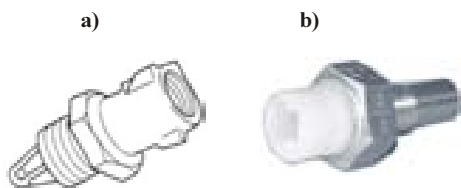
2.4. Czujniki temperatury powietrza

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** (ang. – *Inlet Air Temperature*). Na rys. 2.18 i 2.19 przedstawiono wygląd czujników temperatury powietrza.

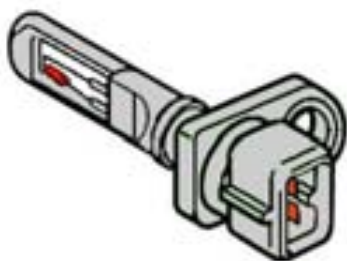
W układzie sterowania Motronic 3.8 w wersji z przepływomierzem powietrza czujnik jest zintegrowany z przepływomierzem mimo tego, że jego praca nie jest związana z działaniem przepływomierza. W wersji bez przepływomierza czujnik jest umieszczony w kolektorze dolotowym.

Tabela 2.2. Podstawowe dane techniczne czujnika temperatury układu Multec

Temperatura pracy	$-40 \dots +130^\circ \text{C}$
Błąd pomiaru	2...5%
Maksymalny prąd zasilania	1mA
Napięcie zasilania	< 5V



Rys. 2.18. Czujniki temperatury powietrza [23]
a) firmy Bosch, b) firmy Delphi



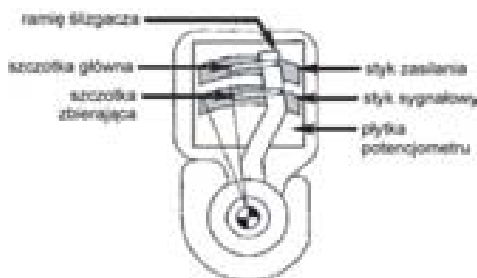
Rys. 2.19. Czujnik temperatury powietrza układu Motronic 3.8 [23]

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.

Jeżeli czujnik temperatury powietrza ulegnie uszkodzeniu, to urządzenie sterujące przyjmuje stałą temperaturę powietrza. W układzie Mono – Motronic jest to temperatura $+40^{\circ}\text{C}$, w przypadku braku sygnału pomiaru temperatury w systemie Motronic 3.8 jednostka sterująca podstawi do obliczeń wartość $19,5^{\circ}\text{C}$.

2.5. Czujniki położenia przepustnicy

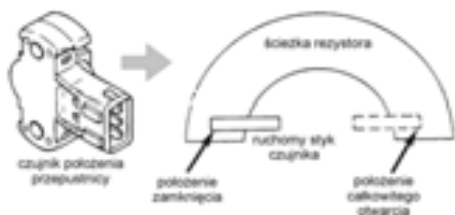
Czujnik położenia przepustnicy jest potencjometrem obrotowym (rys. 2.20) umieszczonym na osi przepustnicy powietrza. Ramię ślizgacza czujnika położenia przepustnicy jest połączone bezpośrednio z wałkiem przepustnicy. Zarówno wtyk złącza elektrycznego czujnika, jak i bieżnie oporowe są umieszczone na płycie z tworzywa sztucznego. Zasilanie bieżni zapewnia stabilizator napięcia 5V. Podczas obrotu przepustnicy ruchomy styk czujnika przesuwa się wzdłuż ścieżki oporowej.



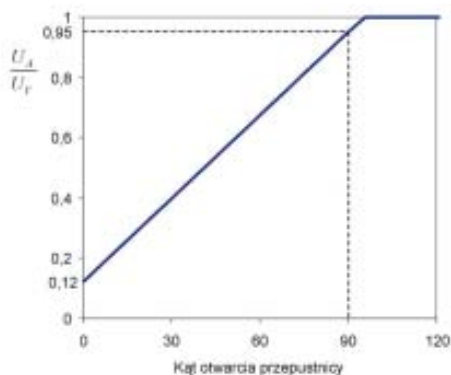
Rys. 2.20. Budowa potencjometrycznego czujnika położenia przepustnicy [23]

Wraz z obrotem przepustnicy połączonej z ramieniem ślizgacza 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 zaś sygnałem wyjściowym z czujnika jest napięcie z zakresu 0,5 – ok. 4,5V. Czujnik wyposażony jest w trzy przewody podłączone do centralnego urządzenia sterującego.

Na rys. 2.21. przedstawiono dwa przeciwne położenia ruchomego styku czujnika odpowiadające zamkniętej i całkowicie otwartej przepustnicy. Charakterystyka



Rys. 2.21. Czujnik położenia przepustnicy [23]



Rys. 2.22. Charakterystyka czujnika położenia przepustnicy [23].

zależności napięcia od kąta uchylenia przepustnicy jest liniowa (rys. 2.22.). W tabelach 2.3. i 2.4. zamieszczono dane techniczne czujników położenia przepustnicy.

Zastosowanie jednościeżkowego czujnika położenia przepustnicy umożliwia

sterownikowi wykonanie wielu funkcji obliczeniowo – decyzyjnych:

1. znajomość aktualnego stopnia otwarcia przepustnicy jest ważna przy ustaleniu prędkości samochodu,
2. szybkość zmian położenia przepustnicy warunkuje reakcję układu zasilania na warunki nieustalone,
3. całkowite zamknięcie przepustnicy oznaczać może bieg jałowy lub hamowanie silnikiem,
4. całkowite otwarcie przepustnicy związane jest najczęściej z chęcią uzyskania maksymalnego momentu obrotowego silnika,
5. w przypadku uszkodzonych czujników wydatku powietrza lub ciśnienia w kolektorze dolotowym, pomiar położenia przepustnicy ułatwia sterowanie dawką paliwa.

W układach sterowania wykorzystujących do obliczeń dawki paliwa przede wszystkim pomiar wydatku bądź 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

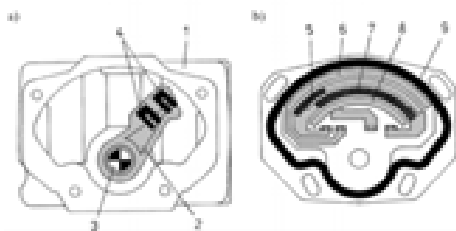
Tabela 2.3. Dane techniczne czujnika położenia przepustnicy układu sterowania Multec

Nazwa danej czujnika	Zakres wartości
Zakres pomiarowy	0...93°
Zakres obrotu	0...122°
Dopuszczalny prąd zasilania	10mA
Napięcie zasilania	5V
Dopuszczalne maksymalne napięcie	43V
Dopuszczalna temperatura pracy	– 40...105° C
Średnia rezystancja	4kΩ

Tabela 2.4. Charakterystyka potencjometru przepustnicy układu sterowania Multec

Pozycja przepustnicy	Rezystancja	Napięcie
zamknięta	1 – 3 k Ω	0,3 – 0,9 V
otwarta	5,5 – 7,5 k Ω	4,1 – 4,5 V

napełniania jest nieliniowa dla małych kątów otwarcia przepustnicy, użycie jednościeżkowego potencjometru jest niedokładne. Taka sytuacja zaistniała w układzie wtrysku jednopunktowego Mono – Motronic (rys. 2.23).



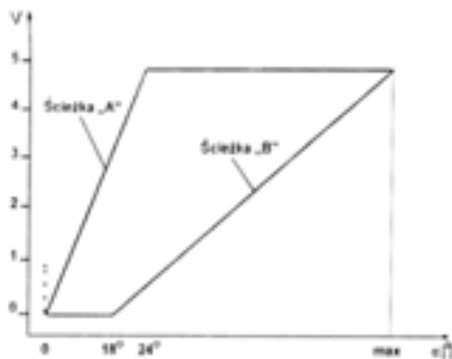
Rys. 2.23. Budowa czujnika położenia przepustnicy [5]:

a) obudowa ze ślizgaczem, b) pokrywa z bieżniami, 1 – dolna część zespołu wtryskowego, 2 – ramię ślizgacza, 3 – wałek przepustnicy, 4 – ślizgacz, 5 – bieżnia oporowa (rezystancyjna), 6 – bieżnia kolektorowa, 7 – bieżnia oporowa, 8 – bieżnia kolektorowa, 9 – uszczelniacz

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 ma cztery ślizgacze odpowiadające każdej poszczególniej bieżni czujnika.

Sygnal o bieżącej wielkości rezystancji zostaje przekazany w sposób ciągły do bieżni kolektora, gdyż obydwie odpowia-

dające sobie bieżnie są wzajemnie połączone poprzez ślizgacz. Pierwsza ścieżka pozwala rozpoznawać otwarcie przepustnicy od 0 do 24° natomiast druga ścieżka pozwala rozpoznawać większe otwarcie przepustnicy od 18 do 90° – rys. 2.24. W zakresie 18 do 24° obie ścieżki pracują synchronicznie.



Rys. 2.24. Zależność sygnałów napięciowych z czujnika położenia przepustnicy od kąta uchylenia przepustnicy [23]

2.6. Czujnik ciśnienia

Czujniki ciśnienia (rys. 2.25) stosowane są do określenia ciśnienia w kolektorze dolotowym silnika oraz ciśnienia atmosferycznego. Czujnik ciśnienia w kolektorze dolotowym zastępuje przepływomierz powietrza.

Jego zadaniem jest ciągły pomiar ciśnienia zasysanego powietrza w przewodzie zbiorczym kolektora dolotowego. W związku z tym czujnik ciśnienia jest

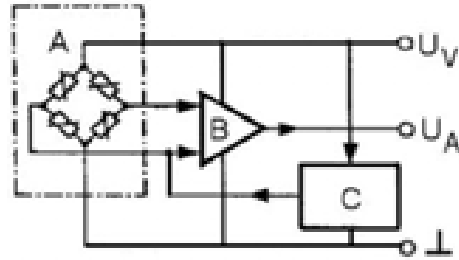
połączony przewodem elastycznym z odpowiednio dobranym miejscem w kolektorze dolotowym

Poprzez tabelaryczne powiązanie wielkości bieżącego ciśnienia powietrza zasysanego z jego temperaturą i prędkością obrotową można określić natężenie przepływu powietrza.



Rys. 2.25. Wygląd czujnika ciśnienia układu sterowania wtryskiem wielopunktowym [9].

Ideowy schemat elektryczny układu przedstawia rys. 2.26. 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



Rys. 2.26. Ideowy schemat elektryczny czujnika ciśnienia [9]:

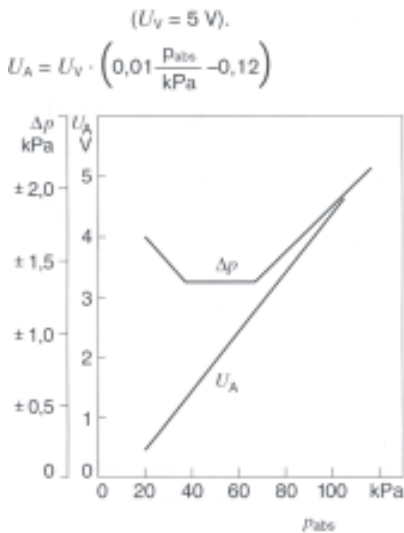
A – czujnik ciśnienia, B – wzmacniacz sygnału, C – kompensacja temperaturowa

mierzącym bieżące zmiany ciśnienia jest silikonowy zespolony miniukład (tzw. “chip”) o powierzchni $3 \mu\text{m}^2$ i grubości $250 \mu\text{m}$, 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 ściance od strony kolektora dolotowego i przykryta jest silikonową warstwą ochronną o grubości $25 \mu\text{m}$. Od zewnątrz komora jest zamknięta płytką szklaną. Zmiany ciśnienia w kanale kolektora dolotowego oddziałują na warstwą ochronną, powodując zmianę rezystancji piezoelementu. Powstająca zmiana napięcia w obwodzie zostaje wykryta przez urządzenie sterujące. Czujnik działa więc jak tensometr mierzący naprężenie

Tabela 2.5. Parametry czujnika ciśnienia

Zakres pomiarowy	20...105kPa
Wytrzymałość membrany	600kPa
Czas reakcji	$\leq 10\text{ms}$
Napięcie zasilania<	4,75...5,25V
Prąd zasilania	$< 10\text{mA}$
Rezystancja	$> 50\text{k}\Omega$
Temperatura pracy	$- 40...+125^\circ \text{C}$

odkształcalnych elementów, będące miarą różnicy ciśnień między ciśnieniem w kolektorze dolotowym a próżnią w komorze odniesienia. Wzrost ciśnienia powoduje proporcjonalny wzrost napięcia sygnału. Charakterystykę czujnika ciśnienia przedstawia rys. 2.27.



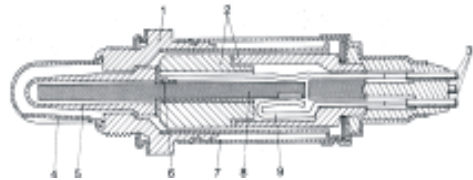
Rys. 2.27. Charakterystyka czujnika ciśnienia w kolektorze dolotowym [9]

Występują czujniki, w których sygnał wyjściowy ma postać fali prostokątnej, której częstotliwość jest największa przy zatrzymanym silniku i włączonym zapłonie. Przy zerowym podciśnieniu częstotliwość sygnału wynosi 160 Hz. Po uruchomieniu silnika częstotliwość maleje do około 100 Hz.

2.7. Czujnik tlenu

W przypadku stosowania trójfunkcyjnych reaktorów katalitycznych do neutralizacji toksycznych gazowych składników spalin jest konieczne utrzymywanie mieszanki paliwowo-powietrznej w wąskim zakresie odchyłek od składu teoretyczne-

go (stechiometrycznego). Czujnik tlenu ma za zadanie na bieżąco określanie składu mieszanki paliwowo-powietrznej. Czujnikiem pomiarowym jest sonda lambda, która wykazuje skok potencjału elektrycznego dla $\lambda=1$ i dzięki temu wysyła odpowiedni sygnał informacyjny o tym, czy w danej chwili skład mieszanki odbiega od składu stechiometrycznego w kierunku jego zubożenia lub wzbogacenia. Sonda lambda (rys. 2.28. i 2.29.) dokonuje pomiaru współczynnika nadmiaru powietrza wszystkich cylindrów silnika (wartości średniej). Jest ona umieszczona w przewodzie wylotowym przed reaktorem katalitycznym. Działanie jej opiera się na pomiarze stężenia tlenu w spalinach przy pomocy ogniwa galwanoelektrycznego z elektrolitem w stanie stałym. Elektrolit w stanie stałym stanowi ceramiczny



Rys. 2.28. Budowa ogrzewanej sondy lambda [5]

1 – obudowa sondy, 2 – ceramiczna wkładka rurkowa, 3 – końcówki elektryczne złącza, 4 – osłona rurkowa ze szczelinami, 5 – aktywny trzon sondy z warstwą katalizatora (elektroda sondy), 6 – styk elektryczny, 7 – osłona rurkowa, 8 – element grzejny, 9 – styki elektryczne elementu grzejnego

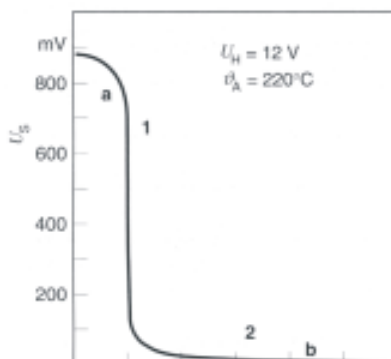


Rys. 2.29. Wygląd zewnętrzny sondy lambda [9]

wkład, pozwalający na przepływ gazów w jednym kierunku. Jest on wykonany z dwutlenku cyrkonu i stabilizowany tlenkiem itru. Powierzchnie zewnętrzne elektrolitu są pokryte cienką warstwą platyny, stanowiącej elektrody ogniwa. Platynowa elektroda działa na opływające ją spaliny jak mały katalizator i dzięki temu powstaje równowaga stechiometryczna

W celu ochrony powierzchni elektrody przed zanieczyszczeniami została ona pokryta od strony stykającej się z gazami spalinowymi porowatą warstwą tlenków magnezowo-krzemowych (spinelu). Ceramiczny trzon jest osłonięty metalową rurką z wieloma szczelinami, w celu zabezpieczenia go przed narażeniami mechanicznymi (uderzenia) oraz termicznymi („termo-szoki”). Wnętrze wydrążonego trzonu (wkładu) jest połączone z otaczającym powietrzem, które stanowi gaz odniesienia. Charakterystyczną cechą sondy lambda jest to, że w temperaturze od około 300°C użyty materiał ceramiczny staje się przepuszczalny dla jonów tlenu. Jeśli stężenie tlenu z obydwu stron sondy jest różne, na elektrodach powstaje potencjał elektryczny. Wartość napięcia elektrycznego jest miarą różnicy stężenia tlenu z obydwu stron sondy. Pozostałość tlenu w spalinach silnika w znacznym stopniu zależy od stosunku paliwa do powietrza w mieszance palnej dostarczanej do silnika. Nawet w przypadku bogatej mieszanki jest w spalinach pewna ilość tlenu. Na przykład dla $\lambda=0,95$ w spalinach wykrywa się jeszcze 0,2—0,3% obj. tlenu. Na podstawie tej zależności można z zawartości tlenu w spalinach określić stosunek paliwa do powietrza. Napięcie, jakie powstaje na elektrodach sondy lambda w wyniku zawartości tlenu w spalinach dla mieszanki bogatej ($\lambda < 1$) wynosi 800—1000 mV, zaś dla mieszanki ubogiej ($\lambda > 1$) osiąga tylko

około 100 mV. Przejście od mieszanki bogatej do ubogiej odbywa się w zakresie 450—500 mV (rys. 2.30.).

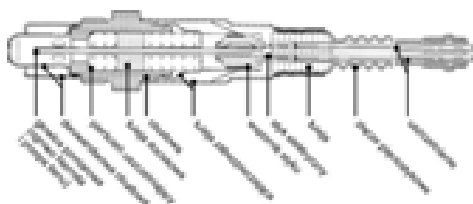


Rys. 2.30. Wykres napięcia elementu cyrkonowego (U_s) w zależności od składu mieszanki paliwowo-powietrznej [9]

Oprócz zawartości tlenu w spalinach, istotną rolę odgrywa także temperatura ceramicznego wkładu, gdyż wpływa ona bezpośrednio na przepuszczalność jonów tlenu. W ten sposób można wyjaśnić wpływ temperatury na przebieg charakterystyki współczynnika nadmiaru powietrza. Podane wyżej wartości napięć odniesiono do temperatury około 600°C. Szybkość reakcji sondy na zmiany współczynnika λ , także zależy w istotny sposób od temperatury, i tak gdy poniżej 300°C czas reakcji sondy (stała czasowa) jest rzędu sekund, to w optymalnym zakresie temperatury trzonu ceramicznego, tj. około 600°C wynosi on mniej niż 50 ms. W związku z tym, po uruchomieniu zimnego silnika, aż do osiągnięcia minimalnej temperatury roboczej sondy ok. 300°C, nie działa on wcale. Silnik jest sterowany wtedy za pomocą innych układów regulacji.

Szerokopasmowa sonda lambda. Przedstawiona na rys. 2.31. szerokopa-

smowa sonda lambda LSU 4 firmy BOSCH jest planarnym, dwu ogniowym czujnikiem o prądowym sygnale wyjściowym. “Pompa” tlenu oraz ogniwo stężeniowe Nernsta są tak usytuowane, że istnieje między nimi przestrzeń dyfuzyjna o szerokości 10 – 15 μm , w której znajdują się dwie porowate elektrody platynowe. Skład spalin w przestrzeni dyfuzyjnej odpowiada stechiometrycznej mieszaniu paliwo-powietrznej po przyłożeniu napięcia o wartości około 0,45 V. Dodatkową funkcją elektronicznego modułu sterującego pracą sondy jest stabilizacja temperatury czujnika. Sonda jest zintegrowana z uzwojeniem grzejnym, którego prąd jest regulowany dla utrzymania stałej temperatury. Napięcie to stanowi dla układu sterującego sygnał sprzężenia zwrotnego.

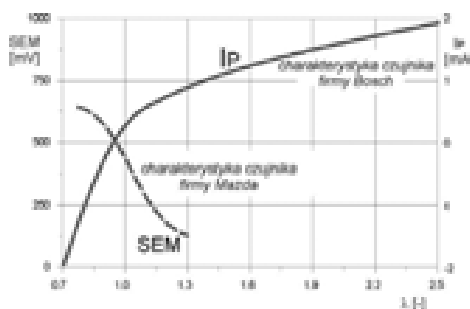


Rys. 2.31. Przekrój sondy lambda LSU 4 firmy Bosch [35]

Czujnik tlenu firmy Bosch mierzy współczynnik składu mieszanki odbiegający w szerokim zakresie od stechiometrycznego – zakres pomiarowy sondy lambda LSU 4 pokrywa zakres współczynników składu mieszanki stosowanych we współczesnych silnikach spalinowych ($0,7 < \lambda < 2,5$) – rys. 2.32.

2.8. Czujniki spalania stukowego

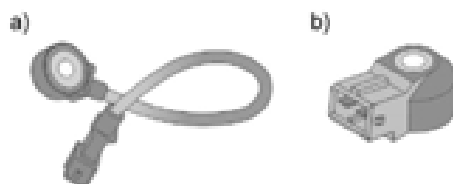
Jednymi z najczęściej stosowanych czujników są czujniki przyspieszeń zwane akcelerometrami. Detektory pracujące



Rys. 2.32. Charakterystyki pomiarowe dwóch szerokopasmowych sond lambda [33]

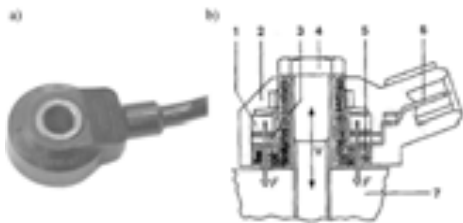
z tym rodzajem czujników dokonują analizy widmowej lub czasowej sygnału pochodzącego z czujnika dokonując detekcji spalania stukowego.

Czujnik (rys. 2.33 i 2.34.) składa się z obudowy ochraniającej, śruby mocującej czujnik do silnika, gniazda mocującego uformowanego jako część obudowy i dwóch, mających kształt pierścienia, elementów piezoelektrycznych przetwarzających wibrację silnika na sygnał napięciowy. Pomiedzy elementami piezoelektrycznymi umieszczono elektrodę połączoną z przewodami napięciowymi. Obciążnik umieszczony jest w czujniku celem zwiększenia siły inercji działającej na elementy piezoelektryczne. Obciążnik, elementy piezoelektryczne i elektroda przymocowane są do obudowy przy pomocy śruby. Obudowa dołączona do silnika przy pomocy śruby wprawiana jest



Rys. 2.33. Czujniki spalania stukowego systemu Motronic 3.8 [15]:

a) silnika 20V, b) silnika V5



Rys. 2.34. Budowa czujnika spalania stukowego [15]:

a) widok, b) przekrój

1 – pierścień ruchomy, 2 – obudowa czujnika, 3 – element piezokwarcowy, 4 – śruba mocująca, 5 – tuleja mocująca, 6 – złączka, 7 – korpus silnika

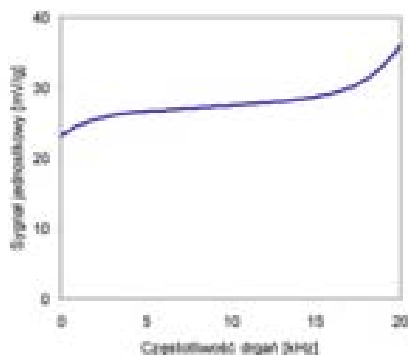
w drgania w odpowiedzi na wibracje silnika. Siła inercji obciążnika przykładana jest do elementów piezoelektrycznych co powoduje wytwarzanie napięcia zależnego od amplitudy drgań obciążnika.

W celu zapewnienia liniowej charakterystyki częstotliwościowej w zakresie wysokich częstotliwości (od 10 kHz do 20 kHz) dla tego typu czujnika należy odpowiednio zaprojektować kształt gniazda mocującego.

Gniazdo będące częścią obudowy akcelerometru powinno mieć kształt stożka i nie powinno się stykać z silnikiem w miejscu odpowiadającym średnicy śruby mocującej. Dzięki takiemu kształtowi gniazda akcelerometr styka się z powierzchnią silnika krawędzią gniazda mocującego.

Charakterystykę i dane techniczne czujnika przedstawiają rys. 2.35 i tab. 2.6.

Akcelerometry systemu Motronic 3.8 w wersji silnika rzędowego 20V umieszczone są w bloku silnika w pobliżu kolektora dolotowego. Każdy z nich zakończony jest trójstykowym złączem. W wersji silnika widlastego V5 czujniki stuku zakończone są złączem dwustykowym, każdemu z bloków cylindrów odpowiada jeden sensor. Brak któregośkolwiek z sygnałów stuku powoduje, że kontrola spalania stukowego nie dotyczy cylindrów „podlegających” pod uszkodzony czujnik, zaś wyprzedzenie zapłonu dla tych cylindrów zostaje opóźnione o 3° podczas pracy silnika pod obciążeniem. Jeżeli brakuje sygnału z obu czujników zapłon jest opóźniany dla wszystkich cylindrów równomiernie (o 12° dla silnika 20V oraz o 15° dla silnika V5).



Rys. 2.35. Charakterystyka czujnika stuku [23]

Tabela 2.6. Dane techniczne czujnika spalania stukowego

Częstotliwość pracy	1...20 kHz
Rejestrowane obciążenie	0,1...400 g
Dokładność pomiaru	15 %
Pojemność elektryczna	800...1600 pF
Temperatura pracy	- 40...+130 ° C
Współczynnik korekcji temperaturowej	< 0,06 mV/g° C

3. ELEMENTY WYKONAWCZE TORU PALIWOWEGO I POWIETRZNEGO

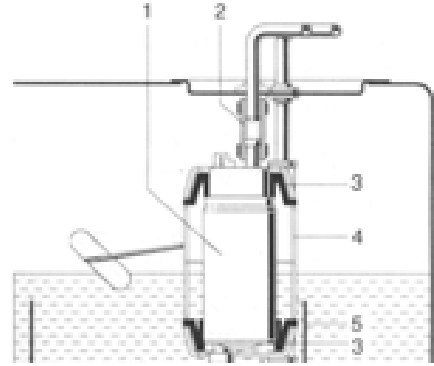
W najbardziej ogólnym pojęciu zasilanie paliwem polega na dostarczaniu paliwa od zbiornika do elektromagnetycznego wtryskiwacza. Paliwo pobierane ze zbiornika jest tłoczone w sposób ciągły przez elektryczną pompę poprzez filtr do zespołu wtryskiwacza. Pompy paliwa w układzie mogą być wykonane w wersji przewidzianej do zamontowania w zbiorniku lub poza zbiornikiem paliwa.

W zależności od modelu i roku produkcji mogą to być pompy rotacyjne typu rodkowo-komorowego lub odśrodkowe obwodowo-wirnikowe. Pompy paliwa montowane na zewnątrz zbiornika paliwa, w linii przepływu od zbiornika do filtra paliwa są umieszczane w zespole podłogowym samochodu.

3.1. Pompa paliwa z napędem elektrycznym

Silnik elektryczny i zespół pompy paliwa znajdują się we wspólnej obudowie (rys. 3.1.). Obydwa zespoły są zanurzone w paliwie, dzięki czemu strumień paliwa przepływającego w czasie pracy pompy zapewnia odpowiednie chłodzenie. Pozwala to na uniknięcie dodatkowego odizolowywania zespołu pompy od silnika elektrycznego większej mocy. Nie istnieje także niebezpieczeństwo wybuchu, gdyż wewnątrz pompy i silnika nie może pojawić się mieszanina palna.

W większości typów pompy złącze elektryczne przewodów zasilania, zawór zwrotny i króciec przewodu ciśnieniowego znajdują się w pokrywie obudowy pom-

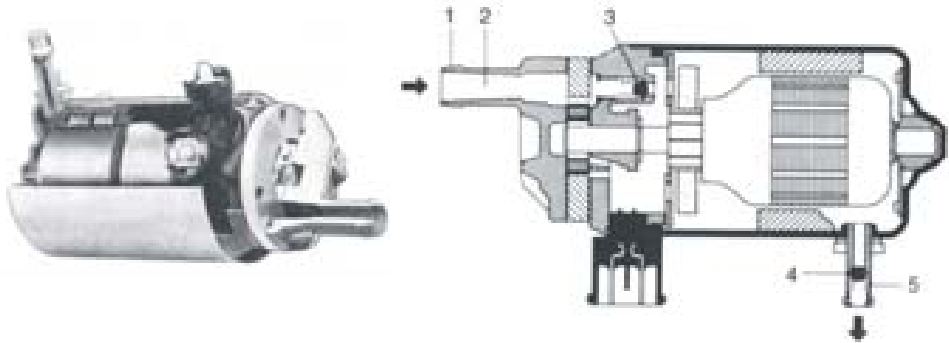


Rys. 3.1. Zespół zbiornika z pompą paliwa i jej osłoną tłumiącą hałas [5]

1 – elektryczna pompa paliwa, 2 – przewód gumowy, 3 – uszczelka gumowa, 4 – osłona tłumiąca hałas, 5 – zbiornik smoka pompy, 6 – filtr smoka pompy.

py. Zadaniem zaworu zwrotnego jest utrzymanie przez pewien czas ciśnienia w obwodzie zasilania po wyłączeniu pompy, aby uniemożliwić powstawanie pęcherzy par paliwa w rozgrzanych przewodach paliwa. W pokrywie obudowy pompy mogą także dodatkowo znajdować się urządzenia zabezpieczające przed iskrzeniem.

Pompa rodkowo-komorowa. Wirnik rodkowo-komorowej pompy paliwa – rys. 3.2, jest napędzany silnikiem elektrycznym ze wzbudzeniem od magnesów trwałych z wirnikiem omywanym paliwem. Wirnik pompy jest łożyskowany mimośrodowo w korpusie, a w jego wybraniach są umieszczone rolki metalowe. Rolki te są dociskane siłą odśrodkową do wewnętrznej powierzchni korpusu i tworzą komory

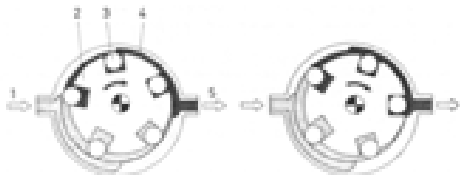


Rys. 3.2. Widok oraz schemat działania rotacyjnej pompy paliwa z napędem elektrycznym (BMW) [5]
 1 – króciec przewodu dolotowego, 2 – dodatkowy filtr siatkowy stosowany w niektórych wersjach pompy (na rys. nie pokazany), 3 – zawór przelewowy, 4 – zawór zwrotny, 5 – króciec wylotowy.

w których paliwo jest transportowane na stronę ciśnieniową (rys. 3.3.) Elektryczna pompa paliwa jest wyposażona w zawór przeciążeniowy, zwierający na „krótko” stronę tłoczną ze ssawną, w przypadku gdyby pompa musiała tłoczyć przy nienormalnie wysokim ciśnieniu. Zawór Zwrotny utrzymuje w układzie paliwowym resztkowe ciśnienie po wyłączeniu silnika. Chroni to przed tworzeniem się korków parowych w układzie.

Dwustopniowa pompa przepływowa składa się z odśrodkowej pompy boczno-wirnikowej stanowiącej pierwszy stopień oraz pompy obwodowo-wirnikowej stanowiącej drugi główny stopień pompy (rys. 3.4).

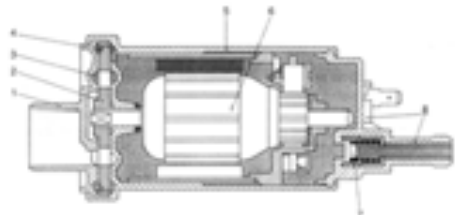
Obydwa stopnie zostały zespolone w jednym wirniku. Wewnętrzny wieniec



Rys. 3.3. Rotacyjna pompa paliwa (rolkownikowa) [5]
 1 – strona ssawna, 2 – tarcza wirująca, 3 – rolka, 4 – bieżnia, 5 – strona tłoczna

łopatkowy pompy pierwszego stopnia został wykonany obustronnie w wirniku i jest otoczony kanałem bocznym znajdującym się w pokrywie obudowy od strony ssawnej oraz analogicznym kanałem w pokrywie od strony wnętrza pompy. Zasadę działania pompy przedstawia rys. 3.5.

W czasie ruchu obrotowego wirnika paliwo w wieńcu łopatkowym uzyskuje energię kinetyczną, która zostaje zamieniona na energię ciśnienia w kanałach bocznych przyległych do wirującego wieńca.

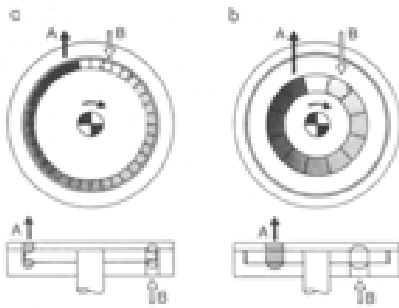


Rys. 3.4. Budowa dwustopniowej pompy paliwa przystosowanej do zabudowy w zbiorniku [5]

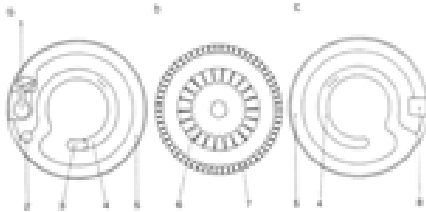
1 – pokrywa od strony ssawnej z króćcem, 2 – wirnik pompy, 3 – pompa bocznikowo-wirnikowa, 4 – pompa obwodowo-wirnikowa, 5 – obudowa pompy, 6 – wirnik silnika, 7 – zawór zwrotny, 8 – pokrywa z króćcem przewodu tłoczenia

Paliwo płynie kanałami bocznymi, aż do połączenia z zewnętrznym wieńcem wirnika, stanowiącym główny stopień (drugi) pompy. W kanale przelewowym, łączącym stopień wstępny z głównym w pokrywie po stronie ssawnej pompy, jest umieszczony otwór odgazowujący paliwo w celu odprowadzenia z powrotem do zbiornika pęcherzy par paliwa.

Zasada działania obydwu stopni pompy jest taka sama. Różnica dotyczy tylko



Rys. 3.5. Odśrodkowa pompa paliwa [5]
a – obwodowo-wirnikowej, b – boczno-wirnikowej, B – dopływ paliwa, A – odpływ paliwa



Rys. 3.6. Budowa dwustopniowej pompy paliwa [5]

a – pokrywa strony ssawnej (widok od strony wirnika), b – wirnik, c – obudowa (widok od strony wirnika)

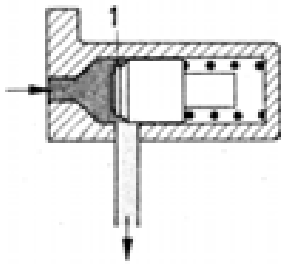
1 – zawór odpowietrzający, 2 – otwór wlotowy do bocznego kanału paliwa, 3,4 – kanał boczny (1-szy wstępny, stopień pompy), 5 – kanał obwodowy (2-gi główny stopień pompy), 6 – boczny wieńiec łopatkowy (1-szy stopień pompy), 7 – obwodowy wieńiec łopatkowy (2-gi stopień pompy), 8 – otwór wylotowy z pompy obwodowo-wirnikowej

kształtu łopatek wieńca i położenia wieńców na powierzchni wirnika (wewnętrzny lub obwodowy) oraz usytuowania kanałów zbiorczych (boczny lub obwodowy) – rys. 3.6. Na końcu kanału obwodowego (drugi stopień) umieszczono urządzenie odpowietrzające główny stopień pompy. Składa się ono z przepony działającej jak zawór zwrotny oraz otworu w pokrywie, łączącego kanał obwodowy z ssawną stroną pompy. Paliwo z pompy jest tłoczone do przestrzeni silnika napędowego i dalej przez zawór zwrotny do układu zasilania dopóty, dopóki jest zamknięty zawór odpowietrzający.

Istniejące pęcherze par paliwa są w pompie skutecznie oddzielane, dzięki czemu uzyskuje się dużą sprawność tłoczenia i bardziej cichą pracę pompy nawet przy nagrzanym paliwie. Zasada pracy pompy zapewnia minimalną pulsację strugi paliwa, przyczyniając się także do zmniejszenia hałaśliwości pompy.

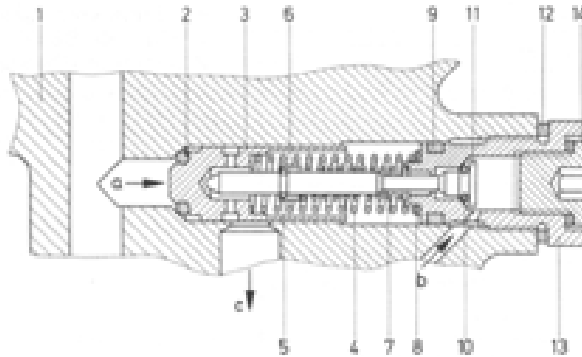
3.2. Regulator ciśnienia paliwa

Regulator ciśnienia reguluje ciśnienie paliwa dostarczanego do wtryskiwaczy. Zasadniczym elementem regulatora (rys. 3.7) jest tłok sterujący na który działa ciśnienie paliwa. Ilość wtryskiwanego paliwa jest regulowana długością czasu trwania sygnału doprowadzanego do wtryskiwacza tak, aby we wtryskiwaczach zapewnić stałe ciśnienie. W związku ze zmianami ciśnienia paliwa (związanymi z procesem wtrysku) i zmianami podciśnienia w kolektorze dolotowym, ilość wtryskiwanego paliwa będzie zmieniać się w niewielkich granicach nawet w przypadku, gdy sygnał wtrysku oraz ciśnienie paliwa będą stałe. Zatem dla uzyskania dokładnej ilości wtryskiwanego paliwa suma ciśnienia paliwa oraz podciśnienia w kolektorze



Rys. 3.7. Schemat regulatora ciśnienia zasilania [5]

1 – gumowy pierścień uszczelniający



Rys. 3.8. Przekrój regulatora ciśnienia zasilania z zaworem uruchamianym popychaczem [5]

a – dopływ paliwa z komory dolnej rozdzielacza paliwa, b – przepływ powrotny z regulatora termicznego, c – przepływ powrotny do zbiornika pojazdu
 1 – korpus rozdzielacza paliwa, 2 – pierścień uszczelniający tłoka sterującego (nawulkanizowany), 3 – tłok sterujący, 4 – sprężyna, 5 – pierścień ustalający, 6 – pierścień podtrzymujący, 7 – sprężyna, 8 – podkładka do regulacji ciśnienia zasilania, 9 – pierścień uszczelniający, 10 – pierścień uszczelniający, 11 – popychacz zaworu uruchamianego, 12 – pierścień uszczelniający, 13 – śruba zamykająca zewnętrzna, 14 – śruba zamykająca wewnętrzną

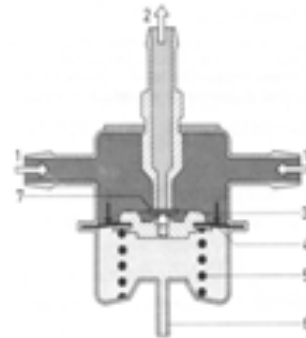
dolotowym powinna być utrzymywana na odpowiednim poziomie.

Zasada działania regulatora ciśnienia jest następująca. Sprężone paliwo znajdujące się w przewodzie zasilającym naciska na przeponę, otwierając zawór. Część paliwa przepływa z powrotem do zbiornika paliwa przez przewód powrotny. Ilość zwracanego paliwa zależy od siły napięcia sprężyny przepony, a ciśnienie paliwa zmienia się w zależności od ilości zwracanego paliwa.

Jeżeli podciśnienie w kolektorze dolotowym wzrasta (ciśnienie jest mniejsze), to ciśnienie paliwa spada o wartość spadku

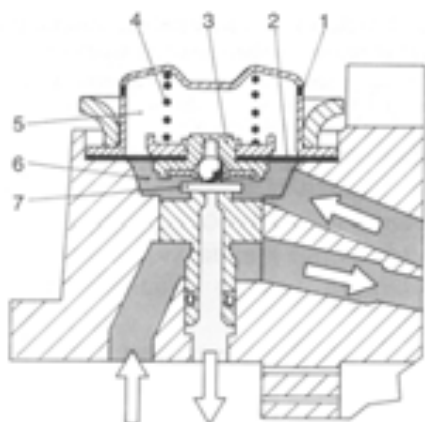
ciśnienia w kolektorze dolotowym. Gdy pompa jest zatrzymywana, wówczas zawór jest zamykany działaniem sprężyny. W wyniku tego, zawór jednokierunkowy wewnątrz pompy paliwowej i zawór wewnątrz regulatora ciśnienia zapewniają ciśnienie szczątkowe w układzie zasilania.

Na rys. 3.8. – 3.10. przedstawiono różne rozwiązania regulatorów ciśnienia paliwa.



Rys. 3.9. Przekrój regulatora ciśnienia układu L-Jetronic [5]

1 – dopływ paliwa, 2 – odpływ paliwa do zbiornika, 3 – trzon zaworu, 4 – przepona, 5 – sprężyna dociskowa, 6 – króciec przewodu podciśnienia, 7 – grzybek zaworu

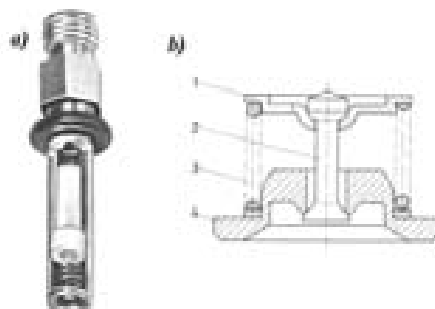


Rys. 3.10. Budowa regulatora ciśnienia stosowanego w układzie Mono-Jetronic [5]

1 – otwory odpowietrzające, 2 – przepona, 3 – trzon zaworu, 4 – sprężyna dociskowa, 5 – komora górna, 6 – komora dolna, 7 – płytka zaworu

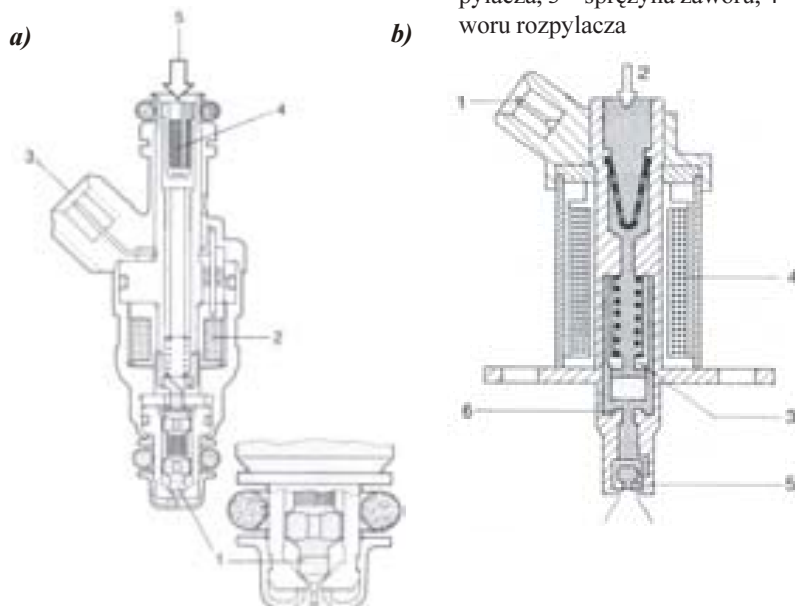
3.3. Wtryskiwacze

Uruchamiany elektromagnetycznie wtryskiwacz (rys. 3.11 i 3.12), wtryskuje paliwo zgodnie z sygnałem odbieranym z elektronicznej jednostki sterującej. Wtryskiwacze mogą być wciśnięte



Rys. 3.11. Wtryskiwacz roboczy [5]

a) widok, b) przekrój zaworu wtryskiwacza roboczego 1 – talerzyk sprężyny, 2 – iglica rozpylacza, 3 – sprężyna zaworu, 4 – gniazdo zaworu rozpylacza



Rys. 3.12. Schemat budowy wtryskiwacza [5]:

a) roboczego EV4 1 – iglica rozpylacza, 2 – uzwojenie elektromagnesu, 3 - złącze elektryczne, 4 – filtr siatkowy, 5 – dopływ paliwa

b) rozruchowego 1 – złącze elektryczne, 2 – dopływ paliwa, 3 – ruchomy trzon zaworu (rdzeń elektromagnesu), 4 – uzwojenie elektromagnesu, 5 – dysza rozpylająca, 6 – gniazdo zaworu

w odpowiednie gniazda w kolektorze do-
lotowym lub też doń przykręcone.

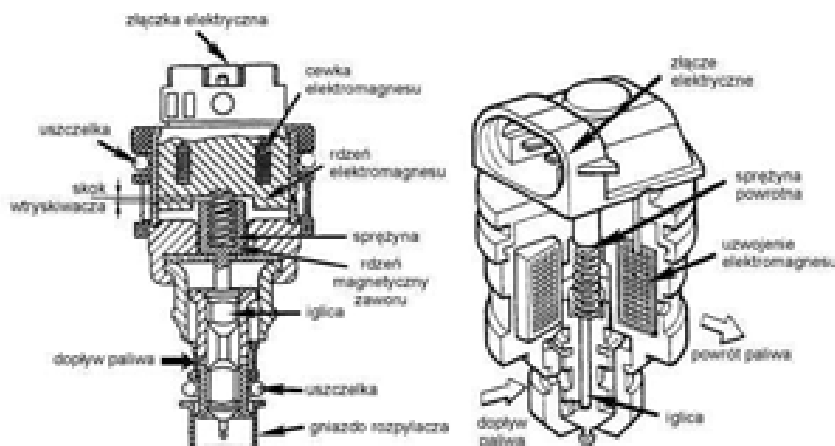
Zasada działania wtryskiwacza jest na-
stępująca. Gdy sygnał z elektronicznej jed-
nostki sterującej zostanie odebrany przez
cewkę elektromagnesu, iglica zostanie po-
ciągnięta w kierunku przeciwnym do kie-
runku działania siły naciągu sprężyny.
Dawka wtryskiwanego paliwa jest regulo-
wana przez czas trwania sygnału. Ponie-
waż skok zaworu iglicowego jest ustalony,
wtrysk jest utrzymywany tak długo, jak dłu-
go zawór iglicowy pozostaje otwarty.

W układach wtrysku jednopunktowe-
go najczęściej stosowane są wtryskiwacze
z zaworem kulkowym (rys. 3.13), powo-
dujące stożkowe rozpylenie paliwa, o ką-
cie rozwarcia stożka około 30°. Wtryski-
wacze czopikowe w tych układach są rza-
dziej spotykane ze względu na wyższy
koszt wykonania. Na wlocie paliwa, w
obudowie wtryskiwacza umieszcza się
przegrodę rozdzielającą strumień paliwa
dopływającego od części paliwa nie wtry-
śniętego, wracającego do zbiornika. Na-
stępuje rozdział paliwa na dwie części:
jedna część otacza zawór wtryskiwacza,

a druga przepływa przez zawór. Dzięki
temu osiąga się intensywne przepłukanie
oraz szybko chłodzenie wtryskiwacza.

Wtryskiwacze wtrysku wielopunktowe
(rys. 3.14.) są dociskane do gniazd
kształtkami gumowymi, które jednocze-
śnie amortyzują przenieszone drgania i sta-
nowią osłonę przed promieniowaniem
cieplnym silnika. Umożliwia to uniknię-
cie tworzenia się pęcherzy par paliwa pod-
czas rozruchu rozgrzanego silnika.

W zależności od sposobu doprowadze-
nia paliwa różni się wtryskiwacze z za-
silaniem pionowym lub z zasilaniem bocz-
nym. We wtryskiwaczach firmy Bosch na-
pięcie impulsu sterującego wynosi 3 V,
dzięki temu przy niskiej indukcyjności
uzwojenia elektromagnesu osiąga się krótki
czas reakcji wtryskiwacza. Do danej
konstrukcji silnika dobiera się średnicę
otworu wylotowego rozpylacza. Wartość
przepływu przez otwór rozpylacza odnie-
sione do jednej minuty wyróżnione są od-
powiednią barwą wtyku złącza elektrycz-
nego. I tak na przykład kolor czerwony
oznacza 265 cm³/min, – niebieski 318 cm³/
min, zielony – 380 cm³/min.



Rys. 3.13. Budowa wtryskiwaczy wtrysku jednopunktowego [23]:

Wtryskiwacz układu Mono – Motronic (z lewej) oraz wtryskiwacz IWM 523 układu Weber (z prawej)

Wtryskiwacze częściowo osłonięte są teflonowymi nakładkami zabezpieczającymi wyloty rozpylaczy przed odkładaniem się nagaru.

Wtryskiwacze zasilane są paliwem, którego nadciśnienie jest stałe względem ciśnienia powietrza panującego w kolektorze dolotowym i zawiera się w granicach 0,2...0,4 MPa. W układzie Motronic 3.8 ciśnienie wtrysku paliwa wynosi 0,3 MPa zarówno dla silnika V5 jak i 20V – rys. 3.14. W różnych systemach wtryskowych czasy otwarcia wtryskiwacza różnią się od siebie, jednak zwykle wynoszą od 1 ms do 15 ms.



Rys. 3.14. Wygląd wtryskiwaczy wtrysku wielopunktowego [23] układu MPFI firmy Delco (z lewej) i układu Motronic 3.8 firmy Bosch (z prawej)

3.4. Układy sterowania napełnianiem

Dodatkowy dobór składu mieszanki musi być dokonywany podczas rozruchu, nagrzewania silnika po rozruchu, podczas pełnego obciążenia silnika, a także podczas hamowania silnikiem. Ponadto przeprowadza się korektę składu mieszanki w zależności od temperatury zasysanego powietrza, także podczas przechodzenia z jednego stanu pracy do drugiego oraz podczas regulacji prędkości obrotowej biegu jałowego.

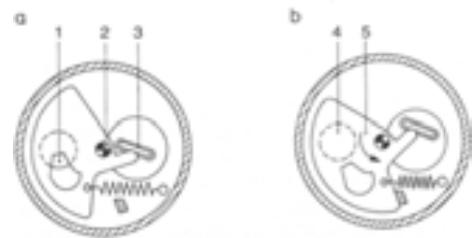
W skład układów sterowania napełnianiem wchodzi:

- zawory powietrza dodatkowego.
- układy obejściowe,
- nastawniki przepustnicy.

3.4.1. Zawór powietrza dodatkowego

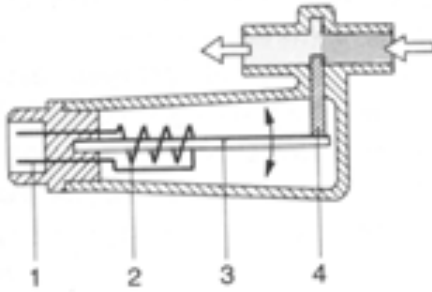
Po uruchomieniu zimnego silnika, aż do osiągnięcia temperatur roboczych, silnik pracuje przy zwiększonych oporach tarcia. W celu zapewnienia w tym okresie równomiernej pracy przy prędkości obrotowej możliwie bliskiej prędkości obrotowej biegu jałowego, silnik musi otrzymywać odpowiednio bogatszą mieszankę paliwowo-powietrzną. Potrzebne do tego ilości paliwa zapewnia regulator termiczny, natomiast dodatkowe ilości powietrza, z powodu zamknięcia przepustnicy, są dostarczane przewodem obejściowym.

Przekrój przewodu powietrza dodatkowego omijającego przepustnicę jest zmieniany, w zależności od temperatury silnika, zaworem powietrza dodatkowego. Przy zimnym silniku przesłona sterująca zaworu jest odsunięta i odsłania cały przekrój przepływu. W miarę nagrzewania się silnika przesłona przysłyka przelot powietrza, a gdy silnik nagrzej się do temperatury pracy, kiedy to dodatkowe powietrze nie jest już potrzebne, zamyka przewód całkowicie (rys. 3.15. oraz 3.16.).



Rys. 3.15. Budowa zaworu powietrza dodatkowego [5]

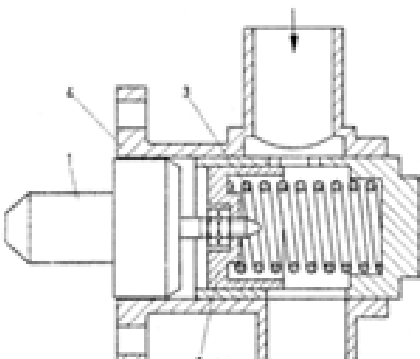
1 – otwór przelotowy, 2 – osłona przesłona, 3 – grzałka elektryczna, 4 – kanał powietrza, 5 – przesłona. Na rys. a kanał powietrza częściowo przysłonięty; na rys. b kanał powietrza całkowicie zamknięty, gdyż silnik osiągnął normalną temperaturę pracy



Rys. 3.16. Suwakowy zawór dodatkowego powietrza z podgrzewanym elektrycznie elementem bimetalowym [5].

1 – złącze elektryczne, 2 – grzałka elektryczna, 3 – bimetal, 4 – przesłona

Istnieją dwa wykonania zaworów powietrza dodatkowego. W jednym sterowanie zaworem odbywa się termobimetałem nagrzewanym uzwojeniem grzejnym. W drugim elementem rozszerzalnym umieszczonym w obiegu cieczy chłodzącej (rys. 3.17.). Oba rodzaje zaworów są montowane w silniku w miejscu reprezentatywnym dla jego stanu termicznego.



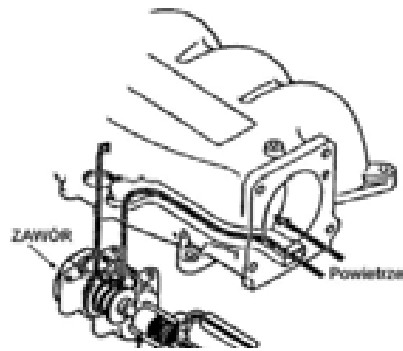
Rys. 3.17. Zawór powietrza dodatkowego ogrzewany cieczą chłodzącą [5].

1 – element rozszerzalny, 2 – tłok sterujący, 3 – sprężyna powrotna, 4 – korpus.

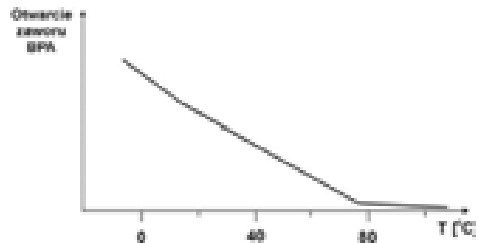
3.4.2. Układy obejściowe (bocznikowania powietrza)

Idea bocznikowania powietrza względem głównego przekroju przepustnicy wymaga stosowania zaworów regulujących opory przepływu powietrza przez kanał obejściowych. Rozwój układów bocznikowania związany jest z rozwojem zaworów obejściowych. Rozwój ten prowadził od zaworów analogowych poprzez zawory impulsowe do zaworów sterowanych silnikami elektrycznymi.

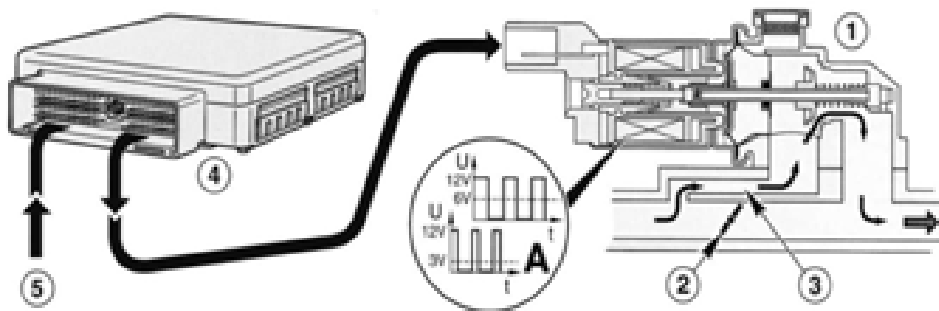
W pierwszych układach sterowania do regulacji prędkości biegu jałowego stosowane były zawory analogowe (rys. 3.18.). Najczęściej stosowanym zaworem był zawór BPA (ang. – By-Pass Air) reagujący na



Rys. 3.18. Przekrój i zasada działania analogowego zaworu obejściowego [23].



Rys. 3.19. Charakterystyka termicznego zaworu obejściowego BPA [23].



Rys. 3.20. Schemat działania elektromagnetycznego zaworu regulacji prędkości biegu jałowego oraz schemat przebiegu impulsowego połączenia z sygnałem masy sterownika [34]:

1 – zawór obejściowy, 2 – przepustnica, 3 – kanał bocznikujący, 4 – moduł sterujący, 5 – sygnały pomiarowe

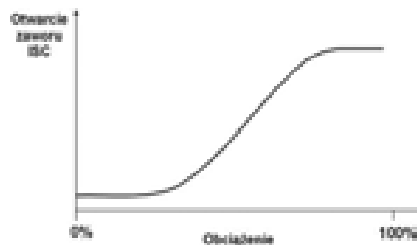
temperaturę cieczy chłodzącej (termostat). W warunkach nie rozgrzanego silnika zwiększana była masa powietrza docierająca do kolektora dolotowego, kontynuowanie rozgrzewania silnika powodowało zamykanie zaworu. Na rys. 3.19. przedstawiono charakterystykę takiego zaworu. Podstawową wadą zaworów analogowych jest brak możliwości sterowania nimi z poziomu sterownika silnikowego.

Zawory elektromagnetyczne. W latach osiemdziesiątych do regulacji prędkości obrotowej biegu jałowego najczęściej wykorzystywano elektromagnetyczne zawory impulsowe, znane z rozwiązań stosowanych w ostatniej generacji gaźników. W odróżnieniu od zaworów analogowych zawory impulsowe mogą być sterowane elektrycznie. Schemat oraz przykładową charakterystykę zaworu impulsowego ISC (ang. – *Idle Speed Control*) pokazano na rys. 3.20 i 3.21.

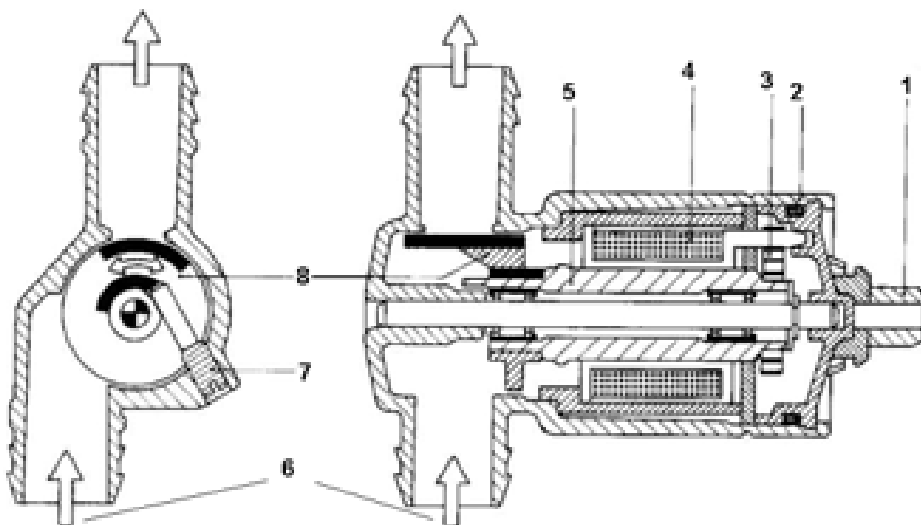
Regulator biegu jałowego układu sterowania *KE-Jetronic* firmy *Bosch* składa się z obrotowego elektromagnesu umożliwiającego obrót rdzenia w polu elektromagnetycznym o kąt 60°. Połączony z obrotowym rdzeniem elektromagnesu suwak otwiera przełot powietrza obejściowego (rys. 3.22.).

Mimo, że zasada działania zaworów elektromagnetycznych jest bardzo podobna poszczególne typy mogą różnić się budową. Najczęściej zawór montowany jest bezpośrednio na korpusie przepustnicy. W innych wersjach funkcję kanału bocznikującego omijającego przepustnicę spełnia jeden lub dwa przewody giętkie. W zaworach nowego typu przy braku zasilania zamykanie i otwieranie zaworu odbywa się za pośrednictwem sprężyny rozprężającej – rys. 3.23.

Znane są rozwiązania zaworów, w których połączono analogowy (mechaniczny) sposób regulacji powietrza z regulacją elektroniczną. Zawory takie znajdują się we wspólnej obudowie i nazywane są skrótem **ISC-BPA** (*Idle Speed Control -By-Pass Air*).

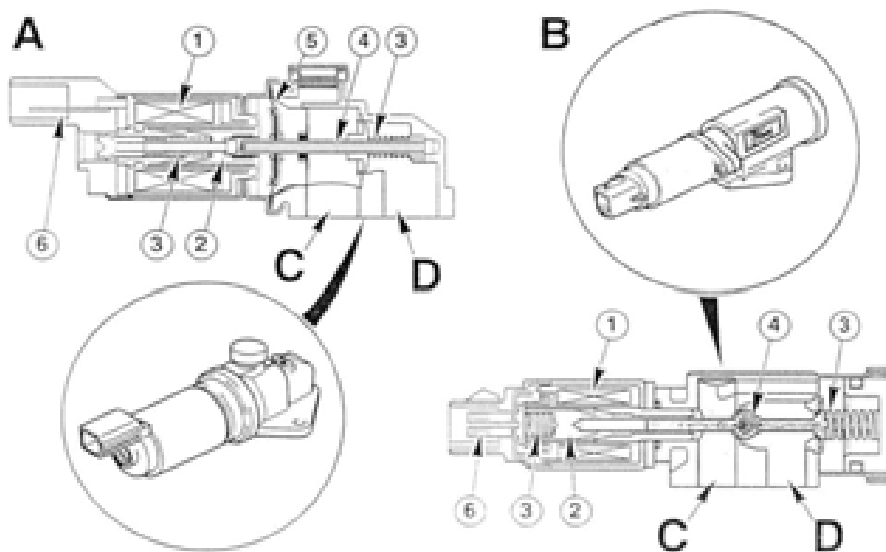


Rys. 3.21. Charakterystyka impulsowego zaworu obejściowego ISC [23].



Rys. 3.22. Budowa elektrycznie sterowanego regulatora prędkości obrotowej biegu jałowego stosowanego w układzie KE-Jetronic [5]:

1 – złącze elektryczne, 2 – obudowa, 3 – sprężyna ruchu powrotnego, 4 – uzwojenie elektromagnesu, 5 – obrotowy rdzeń elektromagnesu, 6 – kanał powietrza dodatkowego w boczniku przepustnicy (by-pass), 7 – regulowany zderzak, 8 – suwak obrotowy



Rys. 3.23. Zawory elektromagnetyczne regulacji prędkości obrotowej biegu jałowego [34]:

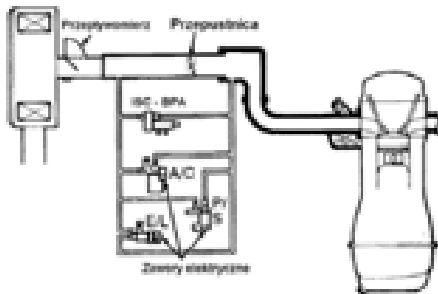
A – zawór nowego typu, B – zawór starszego typu, C – wlot powietrza, D – wylot powietrza, 1 – cewka, 2 – twornik, 3 – sprężyny dociskowe, 4 – trzpień zaworu, 5 – przepona, 6 – złącze elektryczne

Przykładem wielozaworowego układu regulacji biegu jałowego jest zespół zaworów przedstawiony na rys. 3.24. Zespół ten został użyty w samochodzie *Ford Tracer 1.6L* produkowanym w latach 1988 – 90. Składa się on z następujących zaworów:

- zespół zaworów ISC-BPA sterowanych elektronicznie i analogowo (temperaturą cieczy chłodzącej),
- zaworu elektrycznego włączanego równoległe z klimatyzacją (A/C),
- zaworu elektrycznego włączanego równoległe z układem wspomagania kierownicy (P/S),
- zaworu elektrycznego włączanego w zależności od obciążenia elektronicznego (E/L).

Zawór ten sterowany jest z jednostki sterującej silnika. W jego algorytmie sterowania uwzględniono reakcję na włączenie:

- oświetlenia,
- wentylatora,
- ogrzewania szyb.

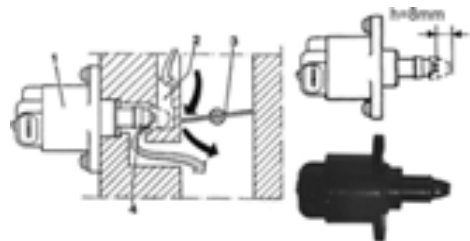


Rys. 3.24. Wielozaworowy układ regulacji biegu jałowego [23]

Zawory obejściowe poruszane silnikami krokowymi. Stosowanie silników krokowych w odniesieniu do motoryzacji spowodowane jest ich szczególnymi właściwościami. Silnik krokowy zbudowany jest z wirnika (będącego magnesem stałym) i ze stojana, który składa się z dwóch,

symetrycznie rozmieszczonych uzwojeń służących do sterowania. Działanie takiego silnika opiera się zatem na działaniu zwykłego silnika elektrycznego prądu stałego – z tą różnicą, że silnik krokowy nie posiada komutatora, a wybór odpowiedniej polaryzacji uzwojeń odbywa się poprzez specjalne sterowanie z zewnętrznego układu sterowania. Brak komutatora sprawia, że nie występuje tarcie szczotek o komutator, a w konsekwencji zużywanie się tych elementów i zapylenie silnika od wewnątrz pyłkiem węglowym. Jest to bardzo istotne jeśli chodzi o niezawodność pracy, gdyż praktycznie oprócz tarcia samej osi inne tarcie nie występuje. Ponadto gdy oś silnika jest zablokowana (podczas jednej z końcowych pozycji zaworu obejściowego) wysterowanie uzwojeń sterujących nie powoduje żadnych ujemnych skutków.

Za pomocą zaworu powietrza obejściowego znajdującego się w korpusie przepustnicy a poruszanego przez silnik krokowy regulowane jest napełnienie przy zamkniętej przepustnicy. Możliwe staje się zatem sterowanie przebiegiem fazy rozruchu i rozgrzewania silnika, regulowanie prędkości obrotowej biegu jałowego a także tłumienie skutków gwałtownych ruchów przepustnicy (rys. 3.25.).



Rys. 3.25. Przekrój kanału dodatkowego powietrza z zaworem obejściowym [23]

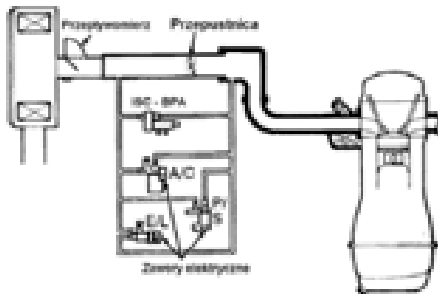
1 – silnik krokowy, 2 – kanał powietrza obejściowego (by-pass), 3 – przepustnica, 4 – zawór powietrza obejściowego

Przykładem wielozaworowego układu regulacji biegu jałowego jest zespół zaworów przedstawiony na rys. 3.24. Zespół ten został użyty w samochodzie *Ford Tracer 1.6L* produkowanym w latach 1988 – 90. Składa się on z następujących zaworów:

- zespół zaworów ISC-BPA sterowanych elektronicznie i analogowo (temperaturą cieczy chłodzącej),
- zaworu elektrycznego włączanego równoległe z klimatyzacją (A/C),
- zaworu elektrycznego włączanego równoległe z układem wspomagania kierownicy (P/S),
- zaworu elektrycznego włączanego w zależności od obciążenia elektronicznego (E/L).

Zawór ten sterowany jest z jednostki sterującej silnika. W jego algorytmie sterowania uwzględniono reakcję na włączenie:

- oświetlenia,
- wentylatora,
- ogrzewania szyb.

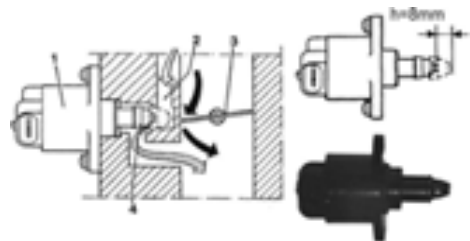


Rys. 3.24. Wielozaworowy układ regulacji biegu jałowego [23]

Zawory obejściowe poruszane silnikami krokowymi. Stosowanie silników krokowych w odniesieniu do motoryzacji spowodowane jest ich szczególnymi właściwościami. Silnik krokowy zbudowany jest z wirnika (będącego magnesem stałym) i ze stojana, który składa się z dwóch,

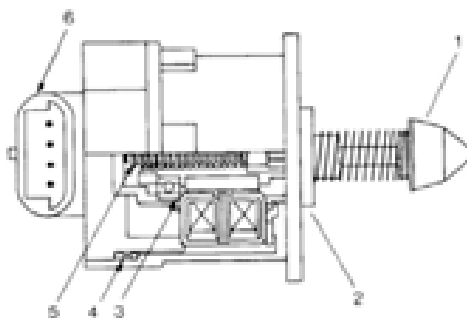
symetrycznie rozmieszczonych uzwojeń służących do sterowania. Działanie takiego silnika opiera się zatem na działaniu zwykłego silnika elektrycznego prądu stałego – z tą różnicą, że silnik krokowy nie posiada komutatora, a wybór odpowiedniej polaryzacji uzwojeń odbywa się poprzez specjalne sterowanie z zewnętrznego układu sterowania. Brak komutatora sprawia, że nie występuje tarcie szczotek o komutator, a w konsekwencji zużywanie się tych elementów i zapylenie silnika od wewnątrz pyłkiem węglowym. Jest to bardzo istotne jeśli chodzi o niezawodność pracy, gdyż praktycznie oprócz tarcia samej osi inne tarcie nie występuje. Ponadto gdy oś silnika jest zablokowana (podczas jednej z końcowych pozycji zaworu obejściowego) wysterowanie uzwojeń sterujących nie powoduje żadnych ujemnych skutków.

Za pomocą zaworu powietrza obejściowego znajdującego się w korpusie przepustnicy a poruszanego przez silnik krokowy regulowane jest napełnienie przy zamkniętej przepustnicy. Możliwe staje się zatem sterowanie przebiegiem fazy rozruchu i rozgrzewania silnika, regulowanie prędkości obrotowej biegu jałowego a także tłumienie skutków gwałtownych ruchów przepustnicy (rys. 3.25.).



Rys. 3.25. Przekrój kanału dodatkowego powietrza z zaworem obejściowym [23]

1 – silnik krokowy, 2 – kanał powietrza obejściowego (by-pass), 3 – przepustnica, 4 – zawór powietrza obejściowego



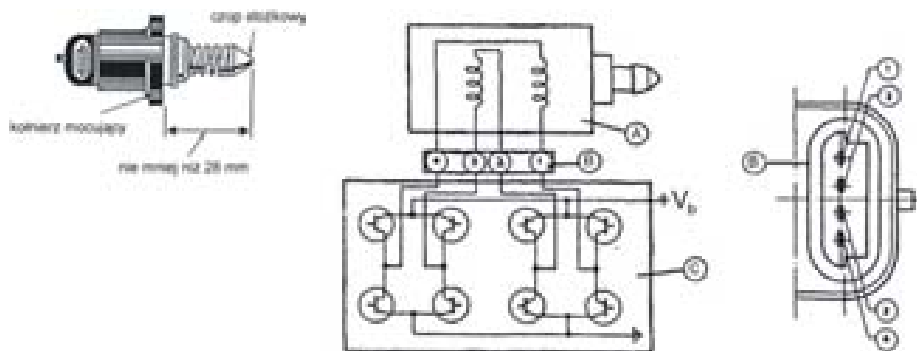
Rys. 3.26. Budowa układu sterowania napędzeniem na biegu jałowym [23]:

1 – grzybek zaworu, 2 – przednia podpora łożyska, 3 – łożysko tylne, 4 – uszczelniacz pierścieniowy, 5 – trzpień gwintowany, 6 – gniazdo wtykowe złącza

Silnik krokowy współpracuje w niektórych przypadkach z przekładnią ślimakową, która razem z nim tworzy przetwornik napięcie sterujące – przesunięcie (rys. 3.26.). Przekładnia ślimakowa powoduje, że siła nacisku wywierana w kierunku równoległym do osi silnika (kosztem szybkości przyrostu przesunięcia w czasie) jest wielokrotnie większa od siły momentu działającego w kierunku obrotowym, co pozwala

na stosowanie małych silników krokowych o małej mocy.

Pod wpływem impulsów przychodzących z elektronicznego sterownika wirnik silnika krokowego obraca się małymi skokami (krokami). Na rys. 3.27. przedstawiono sposób mocowania, schemat elektryczny silnika krokowego i jego złącza. Ruch obrotowy wirnika przetworzony jest przez przekładnię śrubową w posuwisto-zwrotny ruch zaworu dodatkowego powietrza. Jednemu krokowi silnika odpowiada poosiowe przemieszczenie zaworu o około 0,04 mm. Przy zamkniętym zaworze obejściowym minimalny wydatek powietrza pochodzi z przedmuchów pod przepustnicą. Wydatek maksymalny występuje przy całkowicie cofniętym zaworze dodatkowego powietrza (o około 8 mm – co odpowiada około 200-tu krokom silnika krokowego). Zakres regulacji biegu jałowego w warunkach silnika rozgrzanego (ustalony stan cieplny) wynosi około 1÷100 kroków. Zakres regulacji w warunkach silnika nie rozgrzanego (dochodzącego do stanu równowagi cieplnej) wynosi z reguły 101÷200 kroków.

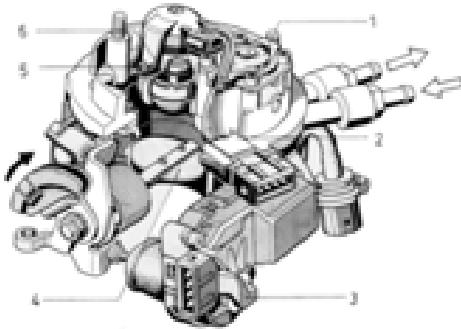


Rys. 3.27. Sposób mocowania oraz schemat elektryczny silnika krokowego i jego złącza konektorowego [34]:

+V_b – napięcie zasilające instalację, A – silnik krokowy, B – złącze konektorowe, C – tranzystorowy stopień mocy sterujący silnikiem krokowym, 1, 2, 3, 4, – numery konektora w złączu

3.4.3. Nastawniki przepustnicy

Sterowanie napełnianiem w warunkach zamknięcia przepustnicy przez kierowcę przejmuje nastawnik przepustnicy. Najczęściej nastawnik przepustnicy jest silnikiem prądu stałego zintegrowanym w



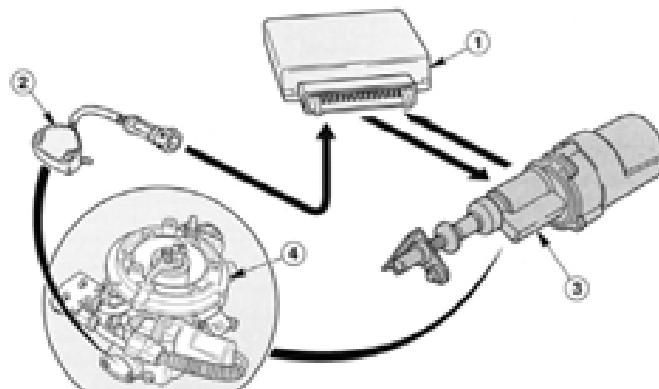
Rys. 3.28. Zespół wtryskowy jednopunktowego układu wtryskowego Bosch Mono-Jetronic z układem sterowania prędkością biegu jałowego – nastawnikiem przepustnicy [23]:

1 – regulator ciśnienia paliwa, 2 – potencjometr czujnika położenia przepustnicy, 3 – regulator biegu jałowego, 4 – przepustnica, 5 – czujnik temperatury powietrza zasysanego, 6 – wtryskiwacz

module sterowania przepustnicy, uruchamianym przez sterownik.

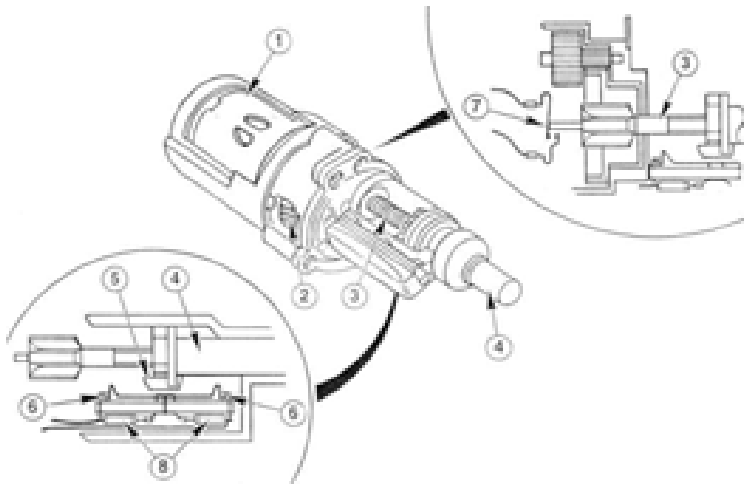
Nastawnik przepustnicy z reguły stosowany jest w systemach wtrysku jednopunktowego (rys. 3.28.). Silnik regulacji położenia przepustnicy jest siłownikiem elektrycznym (silnikiem nastawczym lub zaworem elektromagnetycznym) i montowany jest do zespołu wtryskiwacza jednopunktowego. Spełnia funkcję regulowanego ogranicznika ruchu przepustnicy.

Moduł wtrysku jednopunktowego wraz z zespołem regulacji położenia przepustnicy firmy Ford pokazano na rys. 3.29. i 3.30. Zespół regulacji położenia przepustnicy składa się z: silnika prądu stałego (1) z reduktorem (2), gwintowanego trzpienia obrotowego (3) i popychacza (4). Obroty silnika elektrycznego są zamieniane na ruch posuwisty popychacza za pośrednictwem gwintowanego trzpienia obrotowego. Popychacz ma krzywkę (5), która dotykając z każdej strony wyłączników krańcowych (6), ogranicza posuw popychacza. Gwintowany trzpień obrotowy przesuwając się naciska na sprężynę stykową (7) czujnika zamknięcia przepustnicy.



Rys. 3.29. Moduł wtrysku jednopunktowego wraz z zespołem regulacji położenia przepustnicy firmy Ford [23]:

1 – sterownik, 2 – czujnik położenia przepustnicy, 3 – silnik regulacji położenia przepustnicy, 4 – moduł wtrysku jednopunktowego

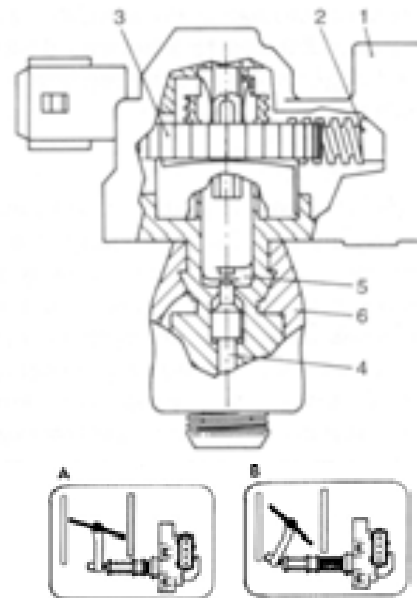


Rys. 3.30. Zespół regulacji położenia przepustnicy [23]

1 – silnik prądu stałego, 2 – reduktor, 3 – gwintowany trzpień obrotowy, 4 – popychacz, 5 – krzywka przełączająca, 6 – wyłączniki krańcowe, 7 – czujnik zamknięcia przepustnicy, 8 – diody

Gdy tylko popychacz i dźwignia przepustnicy zetkną się, czujnik zamknięcia przepustnicy otwiera się i przerywa obwód do modułu sterującego. Tym samym włącza się zawór sterowania biegu jałowego. Wyłączniki krańcowe na końcach trzpienia obrotowego przerywają obwód silnika elektrycznego, który włącza się ponownie po odwróceniu biegunów w module sterującym (oraz kierunku obrotów trzpienia) spowodowanym przez diodę (8). Maksymalny zakres cofnięcia i wysunięcia popychacza ograniczają mikrowyłączniki. Z chwilą zetknięcia popychacza z dźwignią przepustnicy, następuje osiowe wysterowanie czujnika zamknięcia przepustnicy. Powoduje to przerwanie połączenia elektrycznego ze sterownikiem sygnalizując zmianę sterowania – np. rozpoczęcie regulacji biegu jałowego lub hamowania silnikiem.

Sterowanie napełnianiem poprzez nastawnik przepustnicy stosuje firma *Bosch*. W układzie *Bosch Mono-Motronic MA 1.7* silnik prądu stałego porusza wałek na-



Rys. 3.31. Budowa nastawnika przepustnicy (regulatora biegu jałowego) [5]

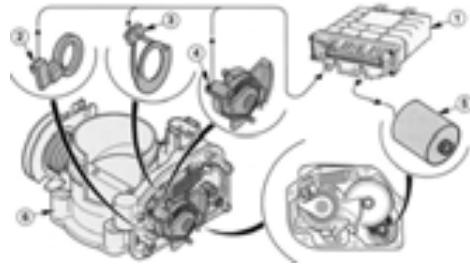
1 – obudowa z silnikiem elektrycznym, 2 – ślimak, 3 – koło ślimakowe, 4 – wałek napędowy, 5 – zestyk wyłącznika położenia biegu jałowego, 6 – gumowy miszek ochronny

A – położenie spoczynkowe, B – położenie aktywne

pędowy nastawnika poprzez przekładnię ślimakową – rys. 3.31. W zależności od kierunku obrotu silnika wałek napędowy wysuwa się na zewnątrz lub cofa, powodując otwieranie lub też przemykanie przepustnicy. Zadaniem nastawnika jest korygowanie ustawienia przepustnicy na biegu jałowym tak, aby silnik pracował stabilnie niezależnie od temperatury cieczy chłodzącej i stopnia zużycia silnika. Wewnątrz wałka napędowego znajduje się wyłącznik elektryczny, którego styki zostają zwarte, gdy wałek napędowy styka się z dźwignią przepustnicy, sygnalizując w ten sposób położenie biegu jałowego. Pomędzy obudową silnika regulatora a wałkiem napędowym znajduje się gumowa osłona zabezpieczająca przed przedostawaniem się zanieczyszczeń i wilgoci do wnętrza regulatora. Nastawnik położenia przepustnicy może powodować maksymalne uchylenie przepustnicy do 18...20°.

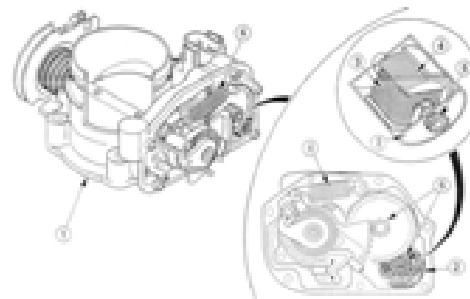
Następnym przykładem jest nastawnik przepustnicy zintegrowany w module sterowania przepustnicy układu *Motronic 3.8*. (rys. 3.32.). Nastawnik przepustnicy może zamknąć przepustnicę całkowicie lub otworzyć ją do 22° liczonego od położenia spoczynkowego). Kąt obrotu przepustnicy ustawiany jest za pomocą impulsowego sygnału o stałej częstotliwości i zmiennym wypełnieniu impulsów. Długość impulsu jest bardzo duża dla zamknięcia przepustnicy i bardzo mała dla jej pełnego otwarcia. Gdy pojazd nie jest wyposażony w tempomat długość impulsów nie osiąga z reguły małych wartości.

W przypadku uszkodzenia elektrycznego mechanizmu uruchamiającego lub



Rys. 3.32. Nastawnik przepustnicy systemu Motronic 3.8 firmy Bosch [34]:

- 1 – sterownik, 2 – potencjometr, 3 – potencjometr sterujący przepustnicą, 4 – czujnik zamknięcia przepustnicy, 5 – silnik elektryczny, 6 – moduł przepustnicy



Rys. 3.33. Układ sterowania napełnianiem za pomocą nastawnika przepustnicy [23]

- 1 – moduł przepustnicy, 2 – silnik regulacji położenia przepustnicy, 3 – cewka, 4 – twornik, 5 – przekładnia zębata, 6 – sprężyna awaryjnego trybu pracy

uszkodzenia silnika elektrycznego, sprężyna odpowiedzialna za awaryjny tryb pracy przesuwa przepustnicę w określone położenie awaryjnego trybu pracy (rys. 3.33.).

4. UKŁADY ZAPŁONOWE

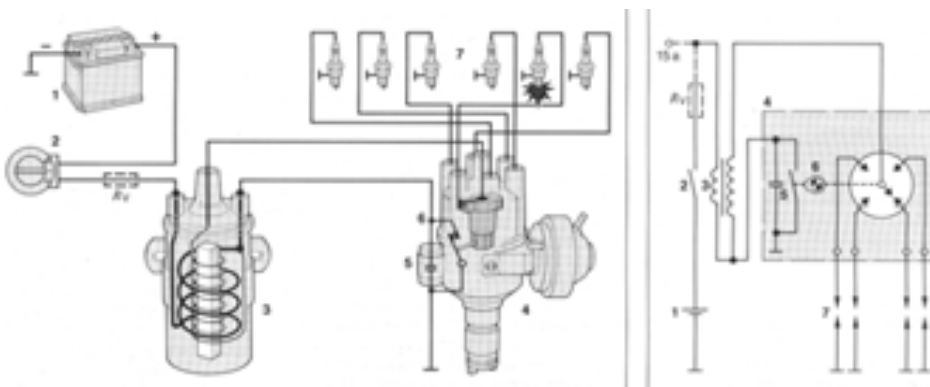
We wszystkich współczesnych silnikach spalinowych o zapłonie iskrowym stosuje się wyłącznie elektroniczne urządzenia zapłonowe, których źródłem energii jest akumulator. Prąd elektryczny z akumulatora przepływa przez uzwojenie pierwotne cewki zapłonowej do masy, z którą połączony jest drugi zacisk akumulatora. Cewka zapłonowa przypomina budową transformator – posiada małą liczbę zwojów uzwojenia pierwotnego i dużą liczbę zwojów uzwojenia wtórnego. Przepływ prądu powoduje powstanie w obu uzwojeniach pola magnetycznego. Zamknięcie przepływu wywołuje indukowanie w uzwojeniu wtórnym siły elektromotorycznej powodującej przeskok iskry na elektrodach świecy zapłonowej. Prąd płynie do przez uzwojenie wtórne, przewód wysokiego napięcia i świecę zapłonową. O chwili rozpoczęcia przepływu przez uzwojenie pierwotne cewki zapłonowej jak i o zaprzestaniu przepływu decyduje układ sterowania zapłonem. Czas trwania przepływu prądu w cewce nazywany jest czasem zwarcia, chwila

przerwania przepływu prądu oznacza rozpoczęcie zapłonu. Klasyczny układ zapłonowy z mechanicznym rozdzielaczem i pojedynczą cewką zapłonową przedstawiono na rys. 4.1.

Kolejne układy zapłonowe rozwijały się w stronę coraz szerszego zastępowania elementów mechanicznych komponentami elektronicznymi i wprowadzania sterowników. Obecność mikroprocesora stwarza znacznie większe możliwości precyzyjnego sterowania kątem wyprzedzenia zapłonu i kątem zwarcia (czasem przepływu prądu przez uzwojenie pierwotne cewki zapłonowej) w stosunku do regulatorów mechanicznych. Rozwój zapłonu klasycznego dotyczy również miniaturyzacji cewek zapłonowych oraz integracji w jedną całość elementów układu zapłonowego.

4.1. Aparat zapłonowy

Aparat zapłonowy składa się z następujących elementów (rys. 4.2.):

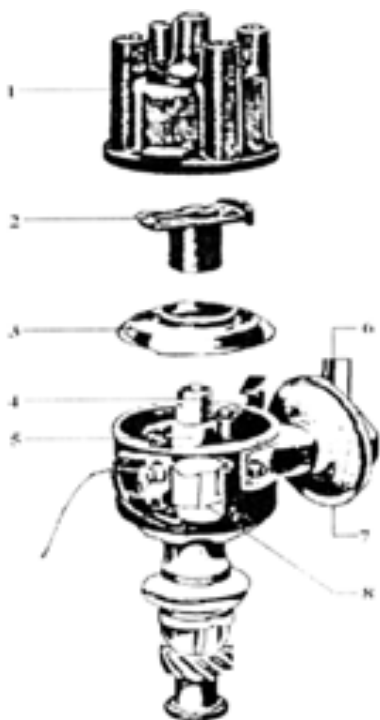


Rys. 4.1. Klasyczny układ zapłonowy [14]:

1 – akumulator, 2 – włącznik zapłonu, 3 – cewka zapłonowa, 4 – rozdzielacz zapłonu, 5 – kondensator, 6 – przerywacz, 7 – świece zapłonowe

- rozdzielacz wysokiego napięcia (palec, kopałka)
- przerywacz prądu pierwotnego
- regulatora odśrodkowego wyprzedzenia zapłonu
- podciśnieniowego regulatora wyprzedzenia zapłonu
- kondensatora

Górny człon aparatu zapłonowego stanowi rozdzielacz wysokiego napięcia. Głównymi elementami rozdzielacza są: kopałka z wprasowanymi od wewnątrz bocznymi elektrodami, a od zewnątrz z gniazdami na końcówki przewodów wysokiego napięcia. Palec umocowany jest



Rys.4.2. Budowa aparatu zapłonowego [23]:
 1 – kopałka, 2 – palec rozdzielacza z elektrodą, 3 – pokrywka, 4 – wałek rozdzielacza, 5 – krzywka przerywacza, 6 – króciec regulatora podciśnieniowego, 7 – regulator podciśnieniowy kąta wyprzedzenia zapłonu, 8 – kondensator

na wałku i styka się ze szczotką węglową. Gniazdo centralne kopałki służy do osadzenia końcówki przewodu łączącego palec rozdzielacza z wyjściem uzwojenia wysokiego napięcia cewki zapłonowej. Poniżej rozdzielacza znajduje się w aparacie zapłonowym płytka z umocowanym na niej przerywaczem. Styki przerywacza są zwierane i rozwierane za pomocą krzywki znajdującej się na wałku rozdzielacza, który obraca się z prędkością obrotową równą połowie prędkości obrotowej silnika.

Podczas pełnego obrotu krzywki prąd przepływający w obwodzie pierwotnym obwodu zapłonu jest przerywany tyle razy, ile jest cylindrów silnika, indukując wysokie napięcie w uzwojeniu wtórnym cewki zapłonowej.

Wywołane przerwy w obwodzie pierwotnym zapłonu akumulatorowego powodowałyby silne iskrzenie pomiędzy stykami przerywacza, gdyby nie oddziaływanie kondensatora.

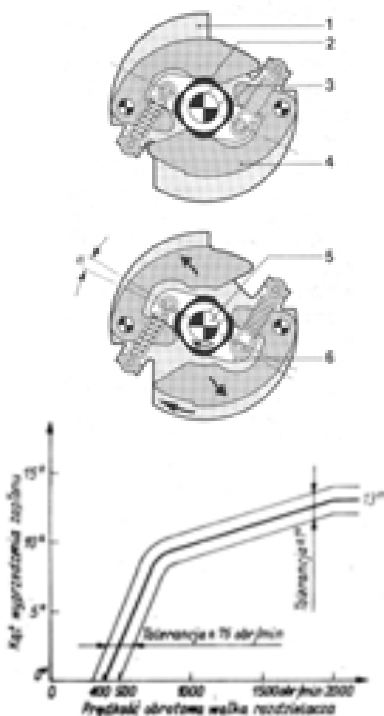
Kondensator, ładowany po rozwarciu styków, podczas rozładowywania oddaje swą energię do obwodu wtórnego. Przerywacz pracuje cyklicznie zwierając i rozwierając styki. *Kąt zwarcia* to kąt obrotu wałka rozdzielacza od chwili, gdy styki są zwarte przez sprężynę młoteczka, do chwili rozwarcia styków przez kolejny garb krzywki. Kąt odpowiadający stanowi rozwarcia styków przerywacza nosi nazwę kąta rozwarcia. Kąt zwarcia zmienia się wraz ze zmianą odległości między stykami przerywacza, a tym samym zmienia się również kąt rozwarcia.

4.2. Regulatory kąta wyprzedzenia zapłonu

Zadaniem regulatorów kąta wyprzedzenia jest wytworzenie zapłonu w najbardziej korzystnym dla silnika momencie

w zależności od mocy silnika, w celu uzyskania oszczędności paliwa i minimalnej toksyczności spalin.

Poniżej płytki z przerywaczem znajdują się w aparacie zapłonowym regulatory do samoczynnej regulacji kąta wyprzedzenia zapłonu: **odśrodkowy** działający w zależności od prędkości obrotowej silnika i **podciśnieniowy** regulujący zapłon na zasadzie zmieniającego się podciśnienia w kolektorze dolotowym przy zmianie obciążenia silnika.



Rys. 4.3. Odśrodkowy regulator kąta wyprzedzenia zapłonu i jego charakterystyka [14].

1 – płytka, 2 – krzywka, 3 – sprężyna, 4 – ciężarek regulatora, 5 – wałek rozdzielacza zapłonu, 6 – prowadnica

Zasadę działania **regulatora odśrodkowego** (rys. 4.3.) przedstawia się następująco: na wałku aparatu zapłonowego za pośrednictwem sworzni zamocowane są

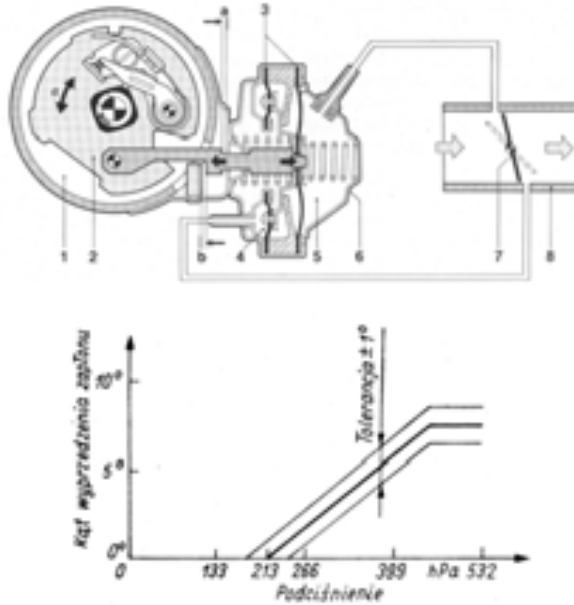
ciężarki. Krzywka i płytka podstawy przykręcone są do górnej części wałka aparatu zapłonowego, tak że ich położenie może być zmieniane w kierunku obrotu wałka. Krzywka obraca się względem wałka aparatu zapłonowego dzięki wykorzystaniu zwiększenia siły odśrodkowej działającej na ciężarki obracające się wraz z wałkiem, przyspieszając w ten sposób rozwieranie się styków przerywacza.

Na rys. 4.4. przedstawiono schemat **podciśnieniowego regulatora** kąta wyprzedzenia zapłonu. Jest on przedzielony membraną na komorę podciśnieniową połączoną z kolektorem dolotowym i komorę powietrzną (ciśnienie atmosferyczne).

Przy zwiększaniu obciążenia silnika, zwiększa się podciśnienie w kolektorze dolotowym, powoduje to przesunięcie membrany które jest przenoszone za pomocą ciężka na płytkę przerywacza. Obrót następuje w kierunku odwrotnym do kierunku obrotu wałka rozdzielacza, zmieniając kąt wyprzedzenia zapłonu (przyspieszenie zapłonu). Ponieważ sprężyna wywiera pewien nacisk na membranę już w czasie jej spoczynku, stąd regulacja wyprzedzenia zaczyna się dopiero wtedy, gdy podciśnienie osiągnie określoną wartość. Regulator podciśnieniowy pracuje niezależnie od regulatora odśrodkowego. Wpływ oddziaływania obu regulatorów na kąt wyprzedzenia zapłonu przedstawia rys. 4.5.

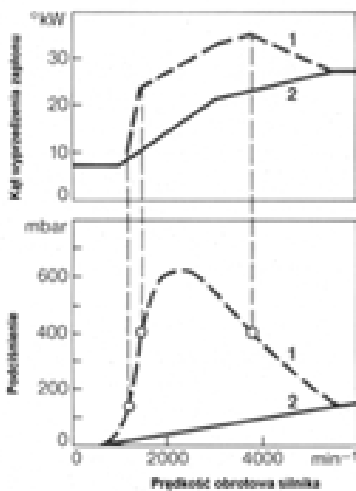
4.3. Cewki zapłonowe

Jednym z warunków prawidłowego zapłonu w silniku ZI jest zapewnienie dostatecznej energii iskry w możliwie najszerszym zakresie współczynnika nadmiaru powietrza, ciśnienia sprężania i prędkości zawirowania ładunku. Podstawowe znaczenie mają tutaj parametry cewki zapłonowej (tab.



Rys. 4.4. Podciśnieniowy regulator kąta wyprzedzenia zapłonu i jego charakterystyka [14]:

1 – rozdzielacz zapłonu, 2 – płytka przerywacza, 3 – membrana, 4 – komora podciśnieniowa opóźnienia zapłonu, 5 – komora podciśnieniowa wyprzedzenia zapłonu, 6 – komora podciśnieniowa, 7 – przesłona przepustnicy, 8 – kolektor dolotowy



Rys. 4.5. Przykład oddziaływania regulatorów odśrodkowego i podciśnieniowego na kąt wyprzedzenia zapłonu [9].

1 – częściowe obciążenie drogowe, 2 – obciążenie całkowite

4.1), a przede wszystkim maksymalne napięcie generowane po stronie wtórnej.

Cewka konwencjonalna. Zadaniem cewki zapłonowej jest przetwarzanie dostarczanego przez akumulator lub alternator niskiego napięcia na napięcie wysokie w celu wymuszenia przeskoku iskry między elektrodami świecy zapłonowej. Cewka pracuje więc jako transformator napięcia. Gromadzona w niej energia E zależy w dużej mierze od parametrów uzwojenia pierwotnego, co wiąże się z wartościami indukcyjności uzwojenia pierwotnego L_1 i natężenia prądu w uzwojeniu pierwotnym i_1 :

$$E = \frac{1}{2} \cdot L_1 \cdot i_1^2 \quad (4.1)$$

W wykonaniu standardowym (rys. 4.6.) cewka zapłonowa składa się z dwóch uzwojeń. Uzwojenie pierwotne od 250 do 400 zwojów wykonanych z drutu miedzianego

Tabela 4.1. Parametry cewek zapłonowych

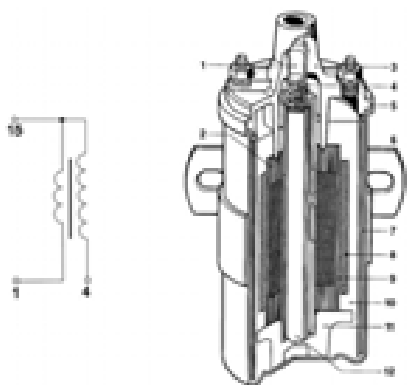
Typ cewki	Napięcie znamionowe [V]	Maksymalne napięcie w uzwojeniu wtórnym [V]	Rezystancja uzwojenia pierwotnego [Ω]	Rezystancja uzwojenia wtórnego [Ω]	Indukcyjność uzwojenia pierwotnego [mH]	Przełożenie transformatora z_2/z_1 [-]
MSD	12	45000	0,7	10500	1	100
Blaster 2	12	42000	0,2	1380	7	100
Blaster HVC	12	42000	0,2	1380	7	100
Cewka dwuiskrowa (DIS)	12	25000	0,5	13500	3,14	–

w izolacji z emalii o rezystancji ok. 3Ω . Uzwojenie wtórne ma zaś od 19000 do 26000 zwojów wykonanych z drutu miedzianego w emalii o rezystancji od 6,75 do 25 k Ω , dodatkowo odizolowanych między warstwami przekładkami izolującymi zapobiegającym przed przebiciami międzywarstwowymi.

Uzwojenia osadzone są na wspólnym rdzeniu, wykonanym z blachy transformatorowej, przy czym zawsze uzwojenie

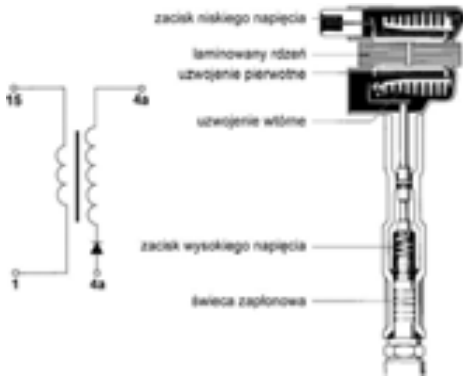
pierwotne jest nawinięte na zewnątrz uzwojenia wtórnego. Jeden koniec uzwojenia wysokiego napięcia wprowadza się do gniazda wysokiego napięcia w pokrywie cewki, drugi koniec łączy się z początkiem uzwojenia pierwotnego. W ten sposób obydwie uzwojenia są połączone autotransformatorowo, co upraszcza konstrukcję cewki i zmniejsza liczbę wyprowadzanych zacisków. Obydwie końce uzwojenia pierwotnego wyprowadza się do zacisków umieszczonych w pokrywie.

Cewka pojedyncza. Budowę cewki pojedynczej przedstawiono na rys. 4.7. Stosowana jest w układach zapłonowych, w których każdemu cylindrowi przyporządkowana jest indywidualna cewka zapłonowa wraz z końcówką mocy sterowaną przez sterownik. Wszystkie cewki zespolone są zwykle w jednej wspólnej kasie umieszczonej bezpośrednio nad świecami zapłonowymi w głowicy silnika. Z uwagi na brak przewodów wysokiego napięcia cewki te mogą posiadać szczególnie małe wymiary przy jednoczesnym generowaniu w uzwojeniu wtórnym maksymalnego napięcia, które może dochodzić do 45 kV. Duża energia iskry osiągana jest praktycznie w całym zakresie prędkości obrotowych

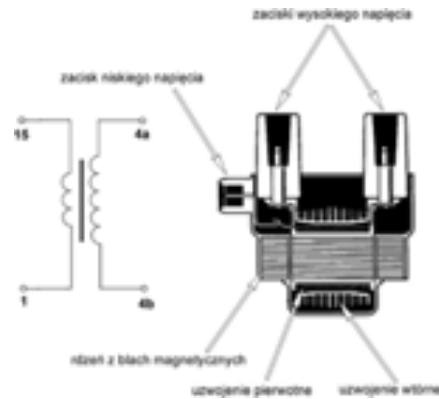


Rys. 4.6. Schemat elektryczny i przekrój konwencjonalnej cewki zapłonowej [14]

1 – zacisk wysokiego napięcia, 2 – przekładki izolujące, 3 – pokrywa bakelitowa, 4 – styk wewnętrzny uzwojenia wtórnego, 5 – obudowa, 6 – uchwyty mocujące, 7 – płaszcz z blach magnetycznych, 8 – uzwojenie pierwotne, 9 – uzwojenie wtórne, 10 – masa zalewowa, 11 – podstawa izolacyjna, 12 – rdzeń magnetyczny



Rys. 4.7. Schemat elektryczny i przekrój cewki pojedynczej firmy Bosch [35].



Rys. 4.8. Schemat elektryczny i przekrój cewki dwubiegunowej firmy Bosch [35].

silnika. Ze względu na niebezpieczeństwo przeskoku iskry podczas zamykania obwodu pierwotnego (generowane wówczas napięcie osiąga wartość: 1 – 3 kV) okazało się koniecznym zastosowanie diody w obwodzie wtórnym cewki zapłonowej. Umożliwia ona przepływ prądu tylko przy napięciu powstającym w chwili przerywania obwodu pierwotnego.

Cewki dwubiegunowe (rys. 4.8) stosowane są w bezrozdzielaczowych układach zapłonowych i występują tylko w silnikach o parzystej liczbie cylindrów. Każda z cewek wraz z końcówką mocy przyporządkowana jest tej parze cylindrów, której tłoki poruszają się w tym samym kierunku. Dla silnika czterocylindrowego oznacza to, że przeskok iskry na świecach występuje na przemian, odpowiednio w parach cylindrów 1/4 oraz 3/2.

Ocenia się, że energia iskry w cylindrze, w którym trwa sprężanie wynosi 70% energii generowanej przez cewkę, natomiast w cylindrze, w którym tłok znajduje się w swie wylotu energia wyładowania stanowi 30% całkowitej energii wytworzonej przez cewkę zapłonową. Rozdział energii związany jest bezpośrednio z ciśnieniami panującymi w tych cylindrach.

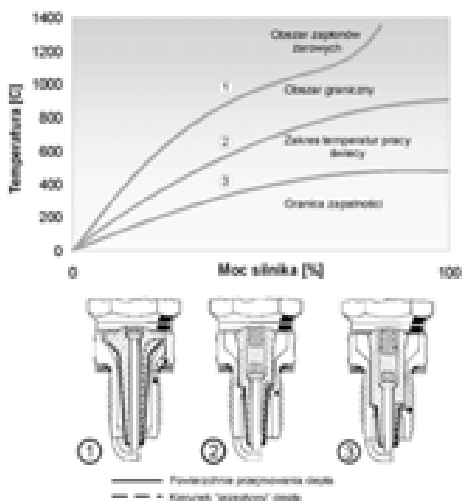
4.4. Świece zapłonowe

Zasadniczym celem świecy zapłonowej jest inicjacja zapłonu mieszanki paliwo-powietrznej. Odbyna się to na zasadzie tzw. przeskoku iskry między elektrodami świecy pod wpływem napięcia generowanego w uzwojeniu wtórnym cewki zapłonowej.

Ważnym parametrem decydującym o poprawności zapłonu jest dobór wartości cieplnej świecy – rys. 4.9.

Świeca zapłonowa **1** o dużej wartości cieplnej (tzw. „świeca gorąca”) charakteryzuje się dużą powierzchnią izolatora, przez co przejmuje znaczną ilość ciepła w niewielkim stopniu odprowadzając go do silnika. Świeca zapłonowa **2** o średniej wartości cieplnej charakteryzuje się mniejszą powierzchnią izolatora w porównaniu ze świecą gorącą i lepiej odprowadza ciepło do silnika. Świeca zapłonowa **3** o małej wartości cieplnej (świeca zimna) posiada małą powierzchnię izolatora, dzięki czemu przejmuje nieznaczny ilość ciepła bardzo dobrze odprowadzając go do elementów silnika.

Najistotniejszymi czynnikami wpływającymi na napięcie zapłonu są: stopień sprężania, skład mieszanki paliwowo-



Rys. 4.9. Klasyfikacja świec ze względu na wartość cieplną [23]

powietrznej, prędkość obrotowa i obciążenie silnika, odstęp i temperatura elektrod świecy zapłonowej, kształt i materiał elektrod oraz polaryzacja napięcia.

4.5. Elektroniczne układy zapłonowe

Nowoczesne układy zapłonowe sterujące momentem zapłonu w funkcji prędkości obrotowej i podciśnienia w kolektorze dolotowym przy regulacji kąta wyprzedzenia zapłonu uwzględniają również skład spalin, temperaturę silnika, parametry powietrza atmosferycznego czy spalanie stukowe. Elektroniczne układy zapłonowe wnoszą szereg korzystnych zmian:

- zwiększenie stabilności napięcia zapłonu i energii iskry w funkcji prędkości obrotowej.
- zwiększenie wartości napięcia zapłonu.
- poprawy parametrów pracy przerywacza lub zastąpienie go czujnikiem.
- zmniejszenie zużycia paliwa i ograniczenie toksyczności spalin.

- ograniczenie elementów regulacyjnych.
- zwiększenie niezawodności działania

Przebieg spalania mieszanki paliwo-powietrznej zależy od parametrów wyładowania iskrowego, określonych między innymi przez sposób jego wytworzenia. Można więc dokonać podziału układów zapłonowych ze względu na sposób gromadzenia energii:

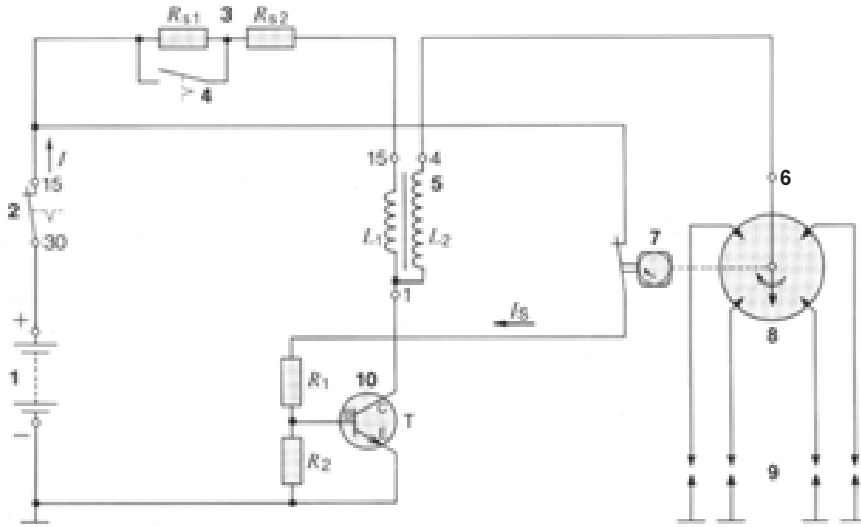
- układy zapłonowe z gromadzeniem energii w indukcyjności (cewce zapłonowej).
- układy zapłonowe z gromadzeniem energii w pojemności (kondensatorze).

Układy należące do pierwszej grupy nazywane są układami zapłonowymi tranzystorowymi, natomiast układy z gromadzeniem energii w pojemności – układami zapłonowymi tyrystorowymi.

Ze względu na sposób określania prędkości obrotowej i kąta położenia wału korbowego układy zapłonowe dzielimy na: stykowe i bezstykowe. W pierwszej grupie do synchronizowania pracy elektronicznego układu zapłonowego z silnikiem używa się tradycyjnego przerywacza mechanicznego, druga grupa charakteryzuje się wykorzystaniem w tym celu bezstykowego czujnika impulsów najczęściej magnetoelektrycznego lub hallotronowego.

4.5.1. Elektroniczne układy zapłonowe z gromadzeniem energii w indukcyjności

Tego rodzaju elektroniczne układy zapłonowe nazywane są również tranzystorowymi (rys. 4.10.), ponieważ elementem sterującym przepływem prądu w uzwojeniu pierwotnym cewki zapłonowej jest tranzystor. Rola przerywacza w wykonaniu klasycznym sprowadza się tylko do synchronizacji układu z pracą silnika



Rys. 4.10. Obwód zapłonu tranzystorowego [14]

1 – akumulator, 2 – stacyjka, 3 – rezystor, 4 – styki rozrusznika, 5 – cewka zapłonowa, 6 – rozdzielacz, 7 – krzywka, 8 – palec rozdzielacza, 9 – świece zapłonowe, 10 – moduł elektroniczny

spalinowego. Zasadę działania tranzystorowego układu zapłonowego można przedstawić następująco: gdy przez bazę tranzystora nie płynie prąd – nie płynie również prąd przez cewkę zapłonową, a napięcie na tranzystorze jest równe napięciu akumulatora. Przy wysterowaniu bazy tranzystora prądem, przez dzielnik napięcia R_1 R_2 spada gwałtownie napięcie na uzwojeniu pierwotnym cewki i zaczyna narastać płynący przez cewkę prąd kolektora. W momencie rozwarcia styków przerywacza zanika prąd bazy, a wraz z nim prąd cewki. Jednocześnie pojawia się napięcie samoindukcji ($B - C$). Po rozładowaniu energii zmagazynowanej w polu magnetycznym cewki układ powraca do stanu początkowego.

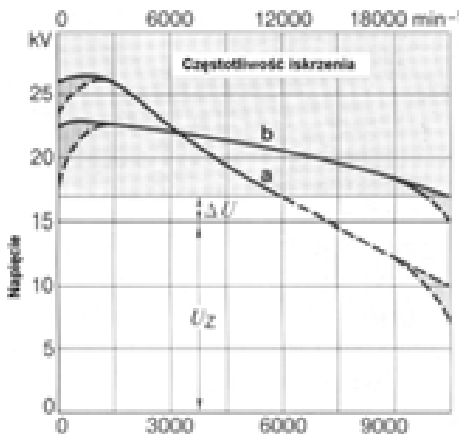
Przedstawiony układ charakteryzuje się wyższym niż w układzie klasycznym napięciem wtórnym w zakresie małych i dużych prędkości obrotowych silnika. Jest to spowodowane dużo szybszym zanikiem

prądu bazy i mniejszej wartości prądu niż w obwodzie klasycznym. Tranzystory mocy stosowane w układach zapłonowych są przystosowane do pracy przy dużym obciążeniu, dochodzącym do 10A.

Zwiększenie energii iskry w zakresie niskich i średnich prędkości obrotowych można uzyskać przez zwiększenie prądu płynącego w uzwojeniu pierwotnym cewki zapłonowej. Wzrost napięcia w zakresie dużych prędkości obrotowych można uzyskać przez zmniejszenie stałej czasowej obwodu pierwotnego, a więc przez zmniejszenie indukcyjności L_1 , zmniejszając liczbę zwojów uzwojenia pierwotnego cewki zapłonowej

W klasycznym układzie zapłonowym napięcie mierzone na zaciskach przerywacza może osiągać wartość kilkuset woltów, natomiast w zapłonie tranzystorowym jest kilkakrotnie mniejsze. Wskutek tego nawet przy małych prędkościach przy rozwieraniu styków nie pojawia się iskrzenie

(rys. 4.11) zmniejszającą prędkość zaniżu prądu w cewce. Dlatego w tranzystorowym układzie zapłonowym nie występuje spadek wysokiego napięcia w zakresie małych prędkości obrotowych. Nie-równomierna praca w zakresie najwyższych prędkości obrotowych jest spowodowana – podobnie jak w zapłonie klasycznym – odbijaniem styków przerywacza. Zjawisko to powoduje zwiększenie strat w tranzystorze, a więc zmniejszenie energii wyładowania iskrowego.



Rys. 4.11. Zależność napięcia wtórnego od częstotliwości iskrzenia [14]
a – zapłon klasyczny, b – zapłon tranzystorowy

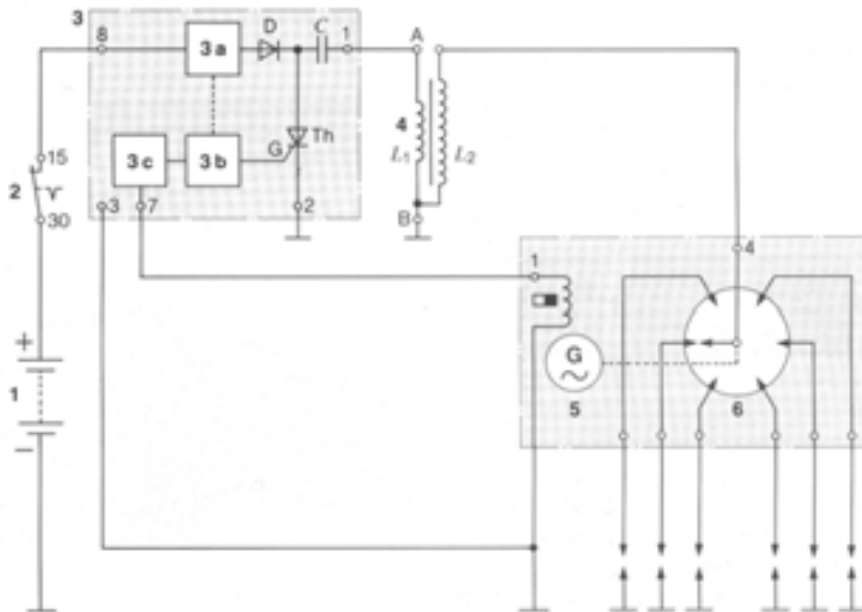
4.5.2. Elektroniczne układy zapłonowe z gromadzeniem energii w pojemności

Często spotykane są w praktyce układy z gromadzeniem energii w pojemności zwane kondensatorowymi układami zapłonowymi. Elementem przełączającym w tego rodzaju układach jest tyrystor, od którego również nazywa się je układami tyrystorowymi. Najważniejsze zalety tych układów to: zwiększenie energii wyładowania iskrowego, stałość wysokiego na-

pięcia w całym zakresie obrotów silnika, odporność na bocznikowanie świecy oraz korzystna charakterystyka poboru mocy. Jednakże czas trwania wyładowania iskrowego jest w zapłonie kondensatorowym o rząd wielkości krótszy niż w przypadku układów z indukcyjnością. Większa część energii wyładowania iskrowego jest skupiona w fazie pojemnościowej a faza indukcyjna jest bardzo krótka.

Ogólnie zasada działania kondensatorowego układu zapłonowego przedstawia się następująco: znajdujący się w układzie kondensator (rys.4.12) jest ładowany napięciem z akumulatora przez przetwornicę do wartości ok. kilkuset woltów. Nagromadzona w ten sposób energia może być rozładowana, albo w chwili rozwarcia styków przerywacza (lub pojawienia się impulsu z bezstykowego układu wyzwalającego 5), który powoduje włączenie znajdującego się w układzie tyrystora. Rozładowanie kondensatora w obwodzie w którym znajduje się uzwojenie pierwotne cewki zapłonowej, powoduje indukowanie się impulsu wysokiego napięcia w uzwojeniu wtórnym cewki zapłonowej i przeskok iskry na elektrodach świecy zapłonowej. Z punktu widzenia sposobu ładowania kondensatora obwodu głównego wyróżnia się przetwornice wieloimpulsowe – ładujące kondensator w ciągu pewnej liczby cykli pracy przetwornicy i jednoimpulsowe – dostarczające cały ładunek w jednym cyklu.

Ponieważ układ kondensatorowy jest szczególnie wrażliwy na spadki napięcia zasilania, które wpływają na energię wyładowania iskry na elektrodach świec stosuje się stabilizację energii gromadzonej w kondensatorze. Zadaniem stabilizatora napięcia jest zapewnienie dopływu do kondensatora obwodu głównego stałej ilości energii, w całym zakresie zmian napięcia akumulatora. Ponadto w skład kon-

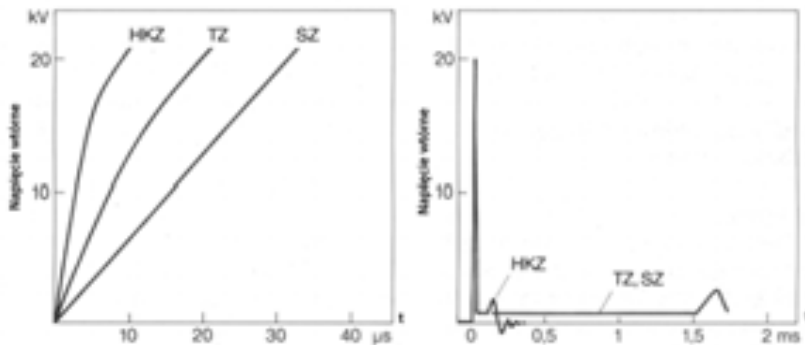


Rys. 4.12. Obwód zapłonu tyrystorowego [14]

1 – akumulator, 2 – stacyjka, 3 – moduł zapłonowy, 4 – cewka zapłonowa, 5 – czujnik indukcyjny, 6 – kopolka rozdzielacza

densatorowego układu zapłonowego wchodzi obwód sterowania. Jego zadaniem jest wytworzenie impulsu zdolnego do włączenia tyrystora w odpowiednim momencie położenia wału korbowego. Wartość napięcia wtórnego oraz energia

iskry są praktycznie niezależne od prędkości obrotowej, ponieważ kondensator jest zawsze ładowany do stałej wartości. Stromość narastania impulsu zapłonowego jest znacznie większa niż w układzie klasycznym i tranzystorowym (rys. 4.13.).



Rys. 4.13. Porównanie czasów narastania napięcia wtórnego i czasów wyładowania iskrowego układów[14]:

klasycznego, tranzystorowego i tyrystorowego, SZ – układ konwencjonalny, TZ – układ tranzystorowy, HKZ – układ tyrystorowy

4.5.3. Przegląd elektronicznych systemów zapłonowych

TSZ-I – tranzystorowy klasyczny system zapłonu z czujnikiem indukcyjnym.

System ten charakteryzuje urządzenie przełączające wykonane w konwencjonalnej technologii, mechaniczny przerywacz stykowy zastąpiono indukcyjnym czujnikiem bezstykowym, a do regulacji kąta wyprzedzenia zapłonu w zależności od prędkości obrotowej i obciążenia służą regulatory mechaniczne, jak w konwencjonalnym układzie zapłonowym. Do rozdzielania iskry na poszczególne cylindry silnika stosuje się rozdzielacz zapłonu. Układy tego typu spełniają relatywnie mało funkcji.

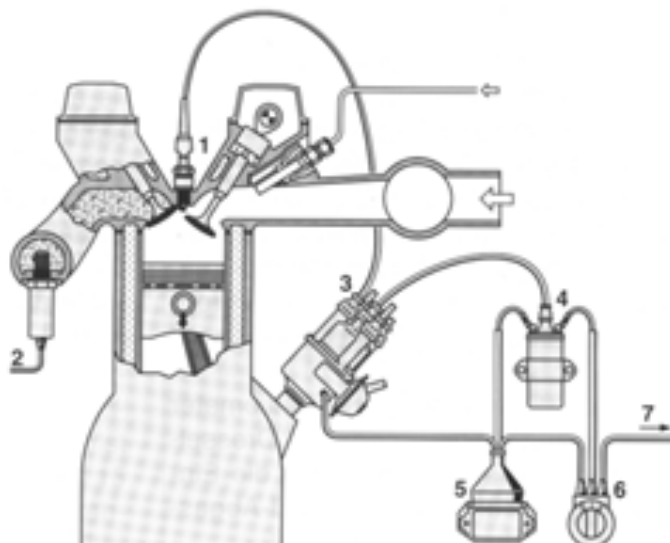
TZ-I – tranzystorowy system zapłonu z czujnikiem indukcyjnym. W systemie tym zastosowano urządzenie przełączające wykonane w technice hybrydowej. Tak jak w systemach przedstawionych powyżej zastosowano bezstykowy czujnik

do określania prędkości i położenia wału korbowego. Regulacja kąta wyprzedzenia zapłonu odbywa się w sposób tradycyjny, przy pomocy regulatorów mechanicznych – rys. 4.14 i 4.15.

TSZ-H – tranzystorowy klasyczny system zapłonu z czujnikiem Halla. System ten jest drugą wersją systemu TSZ-I w którym bezstykowy czujnik indukcyjny zastąpiono czujnikiem Halla.

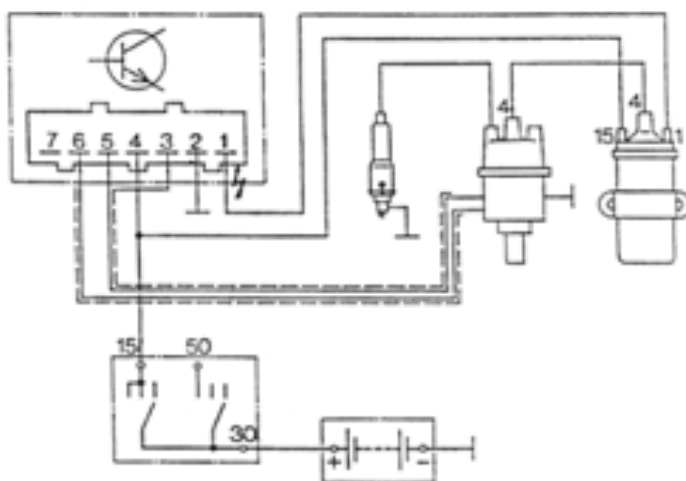
TZ-H – tranzystorowy system zapłonu z czujnikiem Halla. Jest to wersja systemu TZ z czujnikiem Halla i urządzeniem przełączającym wykonanym w technice hybrydowej – rys. 4.16.

EZ – elektroniczny system zapłonu z czujnikiem Halla lub indukcyjnym. Urządzenie przełączające zastosowane w tym systemie wykonane jest w technice hybrydowej lub dyskretnej. Do układu dołączono zespół sterujący z mikroprocesorem. Do pamięci zespołu wprowadzono charakterystyki wyprzedzenia



Rys. 4.14. Schemat tranzystorowego układu zapłonowego TZ [14]

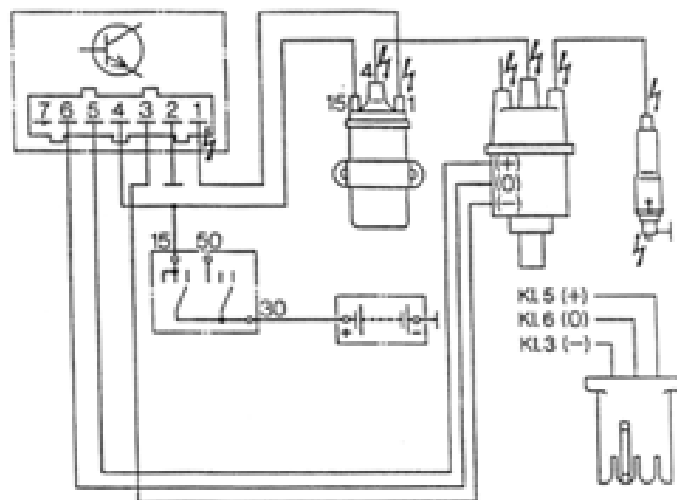
1 – świeca zapłonowa, 2 – sonda lambda, 3 – rozdzielacz zapłonu z regulatorem odśrodkowym i podciśnieniowym kąta wyprzedzenia zapłonu oraz czujnikiem indukcyjnym lub hallotronowym, 4 – cewka zapłonowa, 5 – układ sterujący, 6 – włącznik zapłonu, 7 – przewód do zasilania z akumulatora



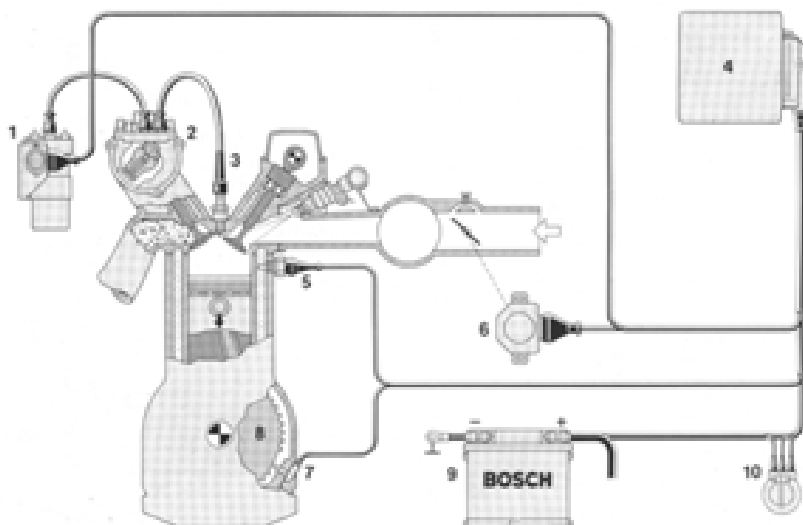
Rys. 4.15. Schemat układu TZ-I [14]

zapłonu w zależności od parametrów: prędkości obrotowej, obciążenia, temperatury. Sygnały z poszczególnych czujników doprowadzone są do zespołu sterującego i na ich podstawie określany jest optymalny kąt wyprzedzenia zapłonu dla wybranych warunków pracy silnika. Rozdział wysokiego napięcia na poszczególne świece odbywa się w sposób tradycyjny za pomocą rozdzielacza mechanicznego. Optymalny kąt wyprzedzenia zapłonu może być również określany przy uwzględnieniu sygnału z czujnika spalania stukowego. Układy wykorzystujące informacje z czujnika stukowego są określane symbolem EZ-K (elektroniczne układy zapłonowe z regulacją spalania stukowego) – rys. 4.17.

cyjny za pomocą rozdzielacza mechanicznego. Optymalny kąt wyprzedzenia zapłonu może być również określany przy uwzględnieniu sygnału z czujnika spalania stukowego. Układy wykorzystujące informacje z czujnika stukowego są określane symbolem EZ-K (elektroniczne układy zapłonowe z regulacją spalania stukowego) – rys. 4.17.

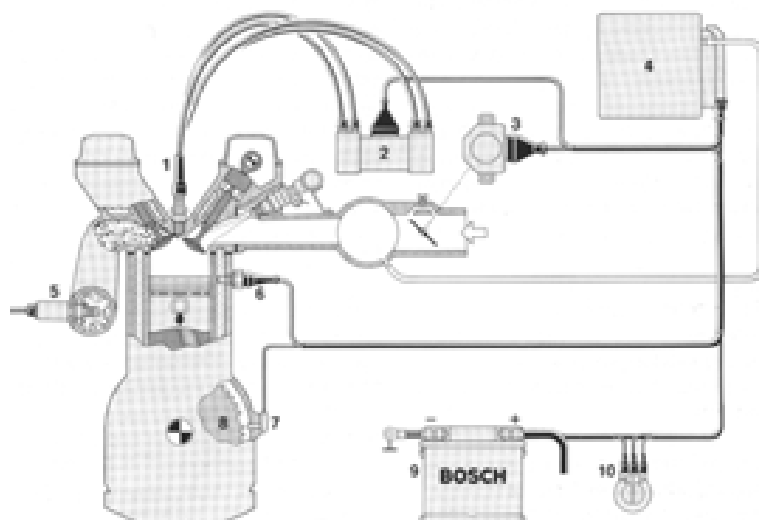


Rys. 4.16. Schemat układu TZ-H [14]



Rys. 4.17. Schemat elektronicznego układu zapłonowego EZ [14]

1 – cewka zapłonowa, 2 – rozdzielacz wysokiego napięcia, 3 – świeca zapłonowa, 4 – układ sterujący zawierający moduł zapłonowy, 5 – czujnik temperatury silnika, 6 – czujnik położenia przepustnicy, 7 – czujnik prędkości obrotowej i położenia wału korbowego, 8 – koło zamachowe, 9 – akumulator, 10 – włącznik zapłonu



Rys. 4.18. Schemat elektronicznego systemu zapłonowego VZ [14]

1 – świeca zapłonowa, 2 – cewka zapłonowa, 3 – czujnik położenia przepustnicy, 4 – układ sterujący zawierający moduł zapłonowy, 5 – sonda lambda, 6 – czujnik temperatury silnika, 7 – czujnik prędkości i położenia wału korbowego, 8 – koło zamachowe, 9 – akumulator, 10 – włącznik zapłonu

Tabela 4.2. Rodzaje i charakterystyki układów zapłonowych

Oznaczenie	Charakterystyka
TSZ-I	<ul style="list-style-type: none"> • zapłon tranzystorowy z czujnikiem indukcyjnym • urządzenie przełączające-konwencjonalna technologia • relatywnie mało funkcji • tradycyjne ustawienie zapłonu • obrotowy rozdzielacz wysokiego napięcia
TSZ-H	<ul style="list-style-type: none"> • zapłon tranzystorowy z czujnikiem Halla • urządzenie przełączające-konwencjonalna technologia • relatywnie mało funkcji • tradycyjne ustawienie zapłonu • obrotowy rozdzielacz wysokiego napięcia
TZ-I	<ul style="list-style-type: none"> • zapłon tranzystorowy z czujnikiem indukcyjnym • urządzenie pracujące w technice hybrydowej • zwiększona liczba funkcji • tradycyjne ustawienie zapłonu • obrotowy rozdzielacz wysokiego napięcia
TZ-H	<ul style="list-style-type: none"> • zapłon tranzystorowy z czujnikiem Halla • urządzenie pracujące w technice hybrydowej • zwiększona liczba funkcji • tradycyjne ustawienie zapłonu • obrotowy rozdzielacz wysokiego napięcia
EZ	<ul style="list-style-type: none"> • zapłon elektroniczny z czujnikiem indukcyjnym lub Halla • urządzenie pracujące w technice hybrydowej lub dyskretnej • zwiększona liczba funkcji • elektroniczne ustawienie zapłonu • obrotowy rozdzielacz wysokiego napięcia
EZ-K	<ul style="list-style-type: none"> • zapłon elektroniczny z czujnikiem indukcyjnym lub Halla • urządzenie pracujące w technice hybrydowej lub dyskretnej • zwiększona liczba funkcji • elektroniczne ustawienie zapłonu • obrotowy rozdzielacz wysokiego napięcia • regulacja spalania stukowego
VZ	<ul style="list-style-type: none"> • zapłon elektroniczny z czujnikiem indukcyjnym lub Halla • urządzenie pracujące w technice hybrydowej lub dyskretnej • zwiększona liczba funkcji • elektroniczne ustawienie zapłonu • elektroniczny rozdzielacz wysokiego napięcia
VZ-K	<ul style="list-style-type: none"> • zapłon elektroniczny z czujnikiem indukcyjnym lub Halla • urządzenie pracujące w technice hybrydowej lub dyskretnej • zwiększona liczba funkcji • elektroniczne ustawienie zapłonu • elektroniczny rozdzielacz wysokiego napięcia • regulacja spalania stukowego

VZ – elektroniczny system zapłonu (bez rozdzielacza). Jest to wersja systemu EZ w której mechaniczny rozdzielacz wysokiego napięcia zastąpiono rozdzielaczem elektronicznym – rys. 4.18 (cewka dwubiegunowa). Zaletą takiego rozwiązania jest wyeliminowanie iskrzenia zewnętrznego, dzięki czemu obniża się poziom zakłóceń elektromagnetycznych. Ponadto w układzie tym zmniejszono liczbę połączeń w obwodzie wysokiego na-

pięcia. W bezrozdzielaczowych elektronicznych układach zapłonowych na każde dwa cylindry silnika przypada jedna cewka dwubiegunowa. Sterowanie pracy cewki dwubiegunowej wywołuje jednocześnie powstanie dwóch iskier zapłonowych (jedna iskra jałowa).

W tab. 4.2 przedstawiono oznaczenia i opis układów zapłonowych, natomiast w tab. 4.3 kody błędów dla układu zapłonowego Bosch EZ.

Tabela 4.3. Kody błędów układu zapłonowego Bosch EZ

Kod błyskowy/kod czytніка	Opis
01	W pamięci nie ma żadnych kodów. Wykonać zwykle czynności
02	Czujnik spalania stukowego lub jego obwód
03	Czujnik temperatury płynu chłodzącego lub jego obwód
04	Czujnik ciśnienia bezwzględnego w kolektorze lub jego obwód
05	Czujnik spalania stukowego lub jego obwód
06	Czujnik położenia wałka rozrządu lub jego obwód
07	Czujnik spalania stukowego lub jego obwód
08	Automatyczna skrzynia biegów
09	Automatyczna skrzynia biegów
10	Wymiana danych między urządzeniami sterującymi KE i EZ
11	Sprawdzanie zapłonu
12	Czujnik prędkości pojazdu lub jego obwód
13	Czujnik położenia przepustnicy (potencjometr) jego obwód
14	Czujnik położenia przepustnicy (potencjometr) jego obwód
15	Usterka ostatniego stopnia układu zapłonu
16	Usterka ostatniego stopnia układu zapłonu
17	Czujnik prędkości pojazdu lub jego obwód
18	Czujnik położenia wału korbowego lub jego obwód
20	Elektroniczne urządzenie sterujące lub jego obwód
21	Czujnik ciśnienia bezwzględnego w kolektorze lub jego obwód
26	Wymiana danych między urządzeniami sterującymi LH i EZ
27	Wymiana danych między urządzeniami sterującymi LH i EZ
34	Usterka zapłonu w 1. cylindrze
35	Usterka zapłonu w 5. cylindrze
36	Usterka zapłonu w 4. cylindrze
37	Usterka zapłonu w 8. cylindrze
38	Usterka zapłonu w 6. cylindrze
39	Usterka zapłonu w 3. cylindrze
40	Usterka zapłonu w 7. cylindrze
41	Usterka zapłonu w 2. cylindrze

5. ELEKTRONICZNE URZĄDZENIA STERUJĄCE (EUS)

Zasadniczym zadaniem, które stawia się przed systemem sterowania jest automatyzacja pracy poszczególnych układów pojazdu. Podstawowe funkcje sterujące, które wykonywał układ mechaniczny przejmowane są przez sterownik i elementy wykonawcze.

W obszarze silnika i napędu układy elektroniczne sterują zapłonem i wtryskiem paliwa, pracą automatycznej skrzyni biegów. W układach podwozia i nadwozia sterują wspomaganie układu kierowniczego, zawieszeniem, zapobiegają poślizgowi kół, zwiększają komfort oraz bezpieczeństwo kierowcy i pasażerów uruchamiając poduszki powietrzne i napinacze.

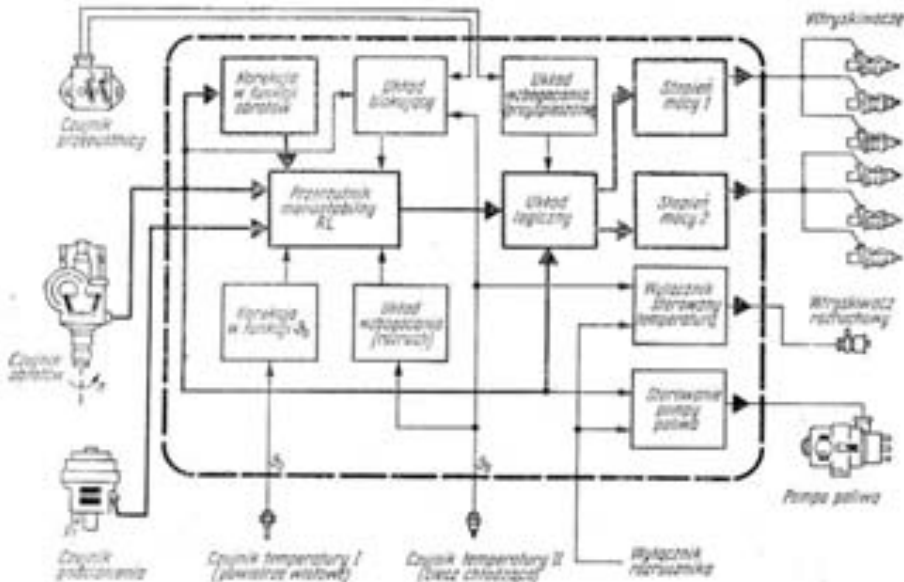
Elektroniczne urządzenie sterujące w układach wtrysku benzyny D-Jetronic zbiera informacje o ciśnieniu absolutnym,

w kolektorze dolotowym, o prędkości obrotowej silnika, o temperaturach: zasysanego powietrza, cieczy chłodzącej, o położeniu i szybkości ruchu przepustnicy, przebiegu rozruchu i chwili rozpoczęcia wtrysku. EUS oblicza na ich podstawie czas trwania impulsu prądowego sterującego otwarciem wtryskiwacza. Włącza również elektryczną pompę paliwa (rys. 5.1.).

Czas wtryskiwania jest wyliczany na podstawie:

- informacji o obciążeniu silnika (czujnik ciśnienia),
- informacji o prędkości obrotowej silnika (zestyki w rozdzielaczu zapłonu).

Informacje z pozostałych czujników służą jedynie do korygowania tak wyznaczonego czasu wtryskiwania.



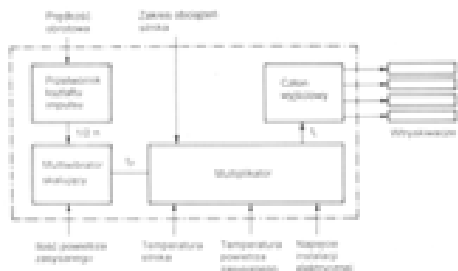
Rys. 5.1. Schemat blokowy elektronicznego urządzenia sterującego D-Jetronic [6].

EUS układu wtryskowego L-Jetronic

jest zamknięte w metalowej obudowie i umieszczone w samochodzie tak, aby uniknąć dostępu wody oraz promieniowania ciepłego silnika. W urządzeniu sterującym sygnały informacyjne z czujników określają stan pracy silnika i na ich podstawie zostają wytworzone impulsy sterujące do wtryskiwaczy. Wielkość dawki jest określana czasem trwania wtrysku (rys. 5.2).

Zastosowano obwody scalone takie, jak przetwornik kształtu impulsów, dzielnik częstotliwości, multiwibrator skalujący oraz elementy składowe układu hybrydowego.

EUS jest połączone z wtryskiwaczami i czujnikami pomiarowymi wiązką przewodów poprzez wielostykowe złącze wtykowe.

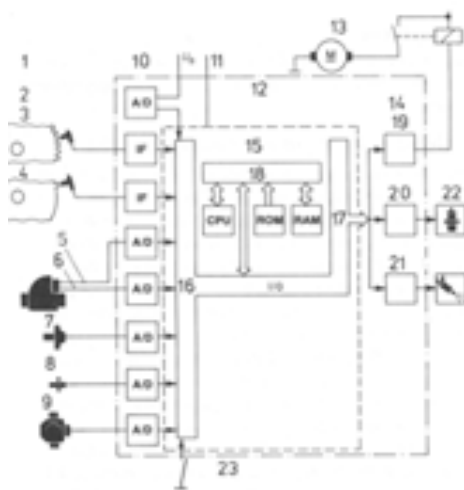


Rys. 5.2. Schemat blokowy urządzenia sterującego układu L-Jetronic [5]

t_j – skorygowane impulsy wtryskowe, t_p – czas wtrysku podstawowej dawki paliwa, n – prędkość obrotowa.

System sterowania silnika Bosch Motronic (rys. 5.3.) zawiera układ wtrysku benzyny zintegrowany z układem zapłonowym i steruje nimi metodą elektroniczną.

Zadaniem urządzenia sterującego jest obliczenie i realizacja czasu wtrysku elektromagnetycznych wtryskiwaczy oraz sterowanie kąta wyprzedzenia zapłonu na podstawie przesyłanych bieżących informacji o stanie pracy silnika oraz zaprogramowanych charakterystyk.



Rys. 5.3. Schemat blokowy systemu Motronic i przepływu danych [5]

1 – wejściowe urządzenie peryferyjne, 2 – czujniki, 3 – czujnik prędkości obrotowej, 4 – czujnik położenia wału korbowego, 5 – wydatek powietrza, 6 – temperatura powietrza dolotowego, 7 – temperatura powietrza dolotowego (tylko w przypadku doładowania), 8 – temperatura silnika, 9 – zakres obciążenia silnika, 10 – człony wejściowe, 11 – zacisk 50 rozrusznika, 12 – urządzenie sterujące, 13 – elektryczna pompa paliwa, 14 – człony wyjściowe, 15 – mikrokomputer, 16 – wejście, 17 – wyjście, 18 – magistrala danych, 19 – sterownik pompy, 20 – sterownik zapłonu, 21 – sterownik wtrysku paliwa, 22 – peryferyjne urządzenia wyjściowe, 23 – przełączenie charakterystyki kąta wyprzedzenia zapłonu.

Najważniejszymi zespołami urządzenia sterującego są: mikrokomputer z mikroprocesorem, elektroniczna pamięć programowalna i pamięć operacyjna, zespół wejściowo-wyjściowy i przetwornik analogowo-cyfrowy.

Zespoły elektroniczne służą do przetwarzania sygnałów wejściowych z czujników, aby umożliwić wyliczenie na ich podstawie czasu wtrysku jako miary dawki paliwa oraz optymalnego kąta wyprzedzenia.

dzenia zapłonu i kąta zwarcia. Ponadto urządzenie sterujące może przyjąć funkcję sterowania i regulacji, np. regulację składu mieszanki za pomocą sondy lambda w celu utrzymywania składu spalin w określonych granicach lub regulację prędkości obrotowej biegu jałowego.

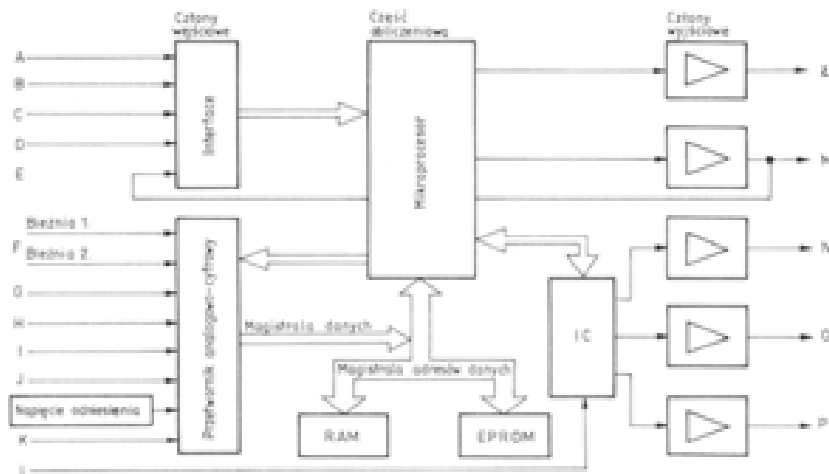
W układzie wtryskowym Bosch Mono-Jetronic dane z czujników, informujące o bieżących warunkach eksploatacji, są przekazywane do EUS w celu dalszego ich przetwarzania. Na podstawie tych danych oraz zaprogramowanych funkcji regulacyjnych urządzenie wytwarza sygnały sterujące do wtryskiwacza, regulatora biegu jałowego oraz zaworu regulacyjnego par paliwa.

Najważniejszym elementem urządzenia sterującego jest mikroprocesor (rys. 5.4). Poprzez magistralę danych oraz adresów łączy się on z programowalną pamięcią stałą (EPROM) oraz pamięcią

operacyjną (RAM). Kod programowania oraz dane parametryczne funkcji znajdują się w pamięci stałej. Do zapamiętywania danych adaptacyjnych służy głównie pamięć operacyjna. Ta część składowa pamięci jest stale połączona z akumulatorem, aby zapobiec skasowaniu danych adaptacyjnych w przypadku wyłączenia urządzenia wtryskowego lub silnika.

EUS musi rozpoznać następujące sygnały z wyłączników w układzie Bosch Mono-Jetronic:

- położenie krańcowe wyłącznika biegu jałowego;
- włączenie procesu diagnozowania usterek;
- położenie dźwigni wyboru biegów skrzynki automatycznej (położenie „N” i „D”);
- włączenie urządzenia klimatyzacyjnego (gotowość pracy);
- włączenie sprężarki klimatyzacji.



Rys. 5.4. Schemat blokowy przebiegu informacji w urządzeniu sterującym Mono-Jetronic [5]

A – włącznik położenia biegu jałowego, B – położenie dźwigni w automatycznej skrzynce przekładniowej (N, D), C – gotowość pracy klimatyzatora, D – włączenie sprężarki klimatyzatora, E – wprowadzenie diagnozy, F – potencjometr przepustnicy, G – sonda lambda, H – czujnik temperatury silnika, I – czujnik temperatury powietrza zasysanego, J – napięcie akumulatora, K – kodowanie danych, L – sygnał prędkości obrotowej (impulsy zapłonowe), Ł – nastawnik przepustnicy, M – lampka kontrolna, N – wtryskiwacz, O – zawór par paliwa, P – przełącznik pompy paliwa, IC – układ scalony

Urządzenie sterujące układu Ecotronic składa się z części przetwarzania danych wejściowych oraz części dla danych wyjściowych. Przetwarzają one informacje o chwilowych stanach pracy silnika, położeniu członów wykonawczych regulacji mieszanki oraz kąta wyprzedzenia zapłonu, uwzględniając mapę zadanej charakterystyki kąta wyprzedzenia zapłonu (rys. 5.5).

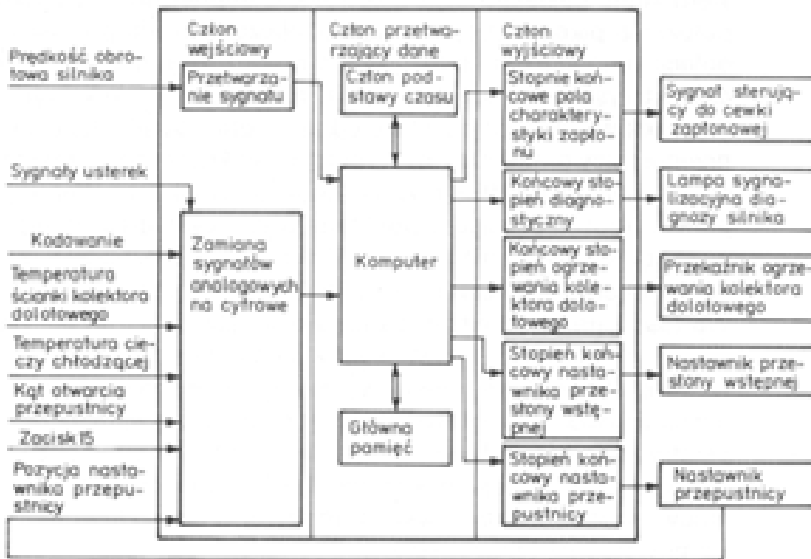
Do części danych wejściowych napływają w postaci sygnałów elektrycznych z czujników informacje bieżące o położeniu przepustnicy, temperaturze i nastawniku przepustnicy. Tutaj sygnały analogowe są zamieniane w na sygnały cyfrowe do dalszej obróbki danych, a także odpowiednio przetworzone sygnały czujnika prędkości obrotowej.

Część przetwarzania danych składa się z komputera, wyposażonego w stałą pamięć ROM oraz pamięć RAM. Wszystkie dane wejściowe zostają przetworzone wg stałego oprogramowania, a następnie obliczone dane wyjściowe, zawierające

polecenia potrzebne do sterowania nastawnikiem przesłony wstępnej oraz nastawnikiem położenia przepustnicy, zostają przeliczone według zasady interpolacji liniowej pomiędzy punktami węzłowymi siatki na mapie charakterystyki silnika.

Elektroniczne urządzenie sterujące w układzie ABS (rys. 5.6.) zbudowane jest z układów elektronicznych nowej generacji mikroprocesorów. Mikroprocesor układu głównego przetwarza dane niezbędne do sterowania zespołem hydraulicznym i do autodiagnozy elementów. Drugi mikroprocesor z układem logicznym niezależnym od układu pierwszego mikroprocesora, kontroluje w sposób ciągły spójność danych przetwarzanych przez główny mikroprocesor. Tak więc EUS funkcjonuje jako dwa układy, które są w praktyce oddzielnymi zespołami, ale ściśle ze sobą współpracującymi tj.:

1. zespoły logiczne i wykonawcze sygnalizacji,
2. obwody bezpieczeństwa.



Rys. 5.5. Schemat blokowy działania elektronicznego urządzenia sterującego układem Ecotronic [3]

Do obu układów docierają te same sygnały wejściowe, które każdy z nich przetwarza w ten sam sposób i tylko wówczas kiedy otrzymane wyniki są identyczne, EUS zaczyna sterować częścią elektrohydrauliczną. W przeciwnym przypadku, świadczącym o występowaniu nieprawidłowości EUS wyłącza się i hamowanie przebiega w sposób tradycyjny z równoczesną sygnalizacją awarii układu, uwidocznioną na zestawie wskaźników.

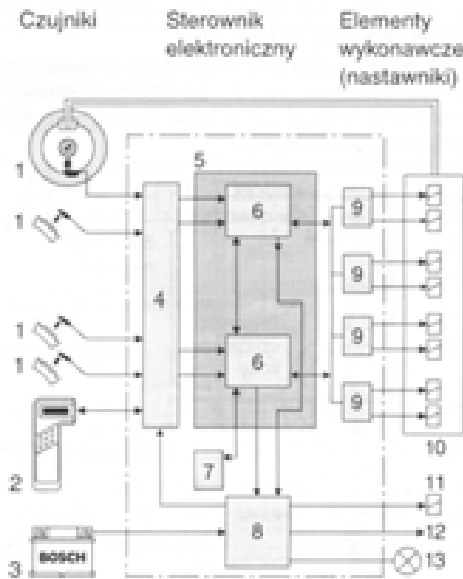
Czujniki prędkości obrotowej wytwarzają napięcie zmienne, które przesyłane jest do wzmacniacza znajdującego

się w EUS. Wzmacniacz generuje impulsy o kształcie prostokątnym i wysyła je do zespołów cyfrowych, które obliczają prędkość kół i samochodu.

Kiedy koła mają tendencje do blokowania się, zespoły wykonawcze sterują regulatorami prądu dla kół przednich i dla kół tylnych. Regulatory te generują impulsy sterujące odbiorniki końcowe, które przyłączają do masy obwody elektrozaworów znajdujące się w części elektrohydraulicznej zwanej też zespołem regulacji niezależnej. Siła hamowania może wzrastać aż do momentu dopóki nie wystąpi poślizg jednego koła względem innego, natomiast jeżeli taki fakt nastąpi (z ang. „split”) ograniczeniu ulega siła hamowania na kole, w którym wystąpił poślizg – koło to zaczyna przyspieszać.

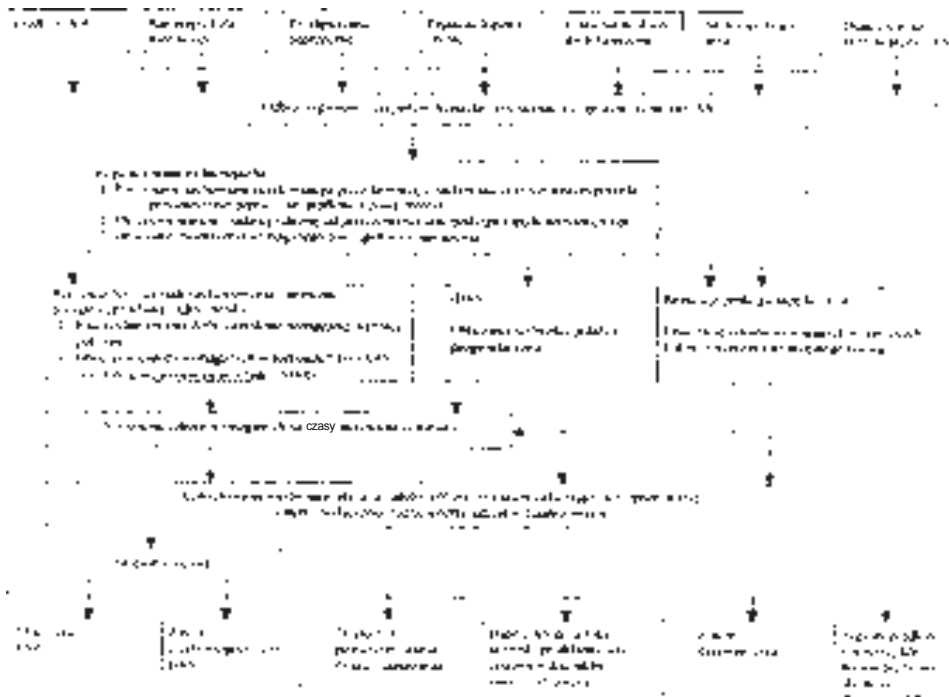
Moduł otrzymuje impulsy od wyłącznika świateł „STOP” i sprawdza połączenie elektryczne układu, ponadto kontroluje napięcie zasilania silnika pompy powrotnej płynu hamulcowego i przekazuje informacje do modułu, który ma za zadanie przyłączać do masy obwody przekazników sterujących elektrozaworami, pompy powrotnej płynu hamulcowego, ustalić napięcie akumulatora i sterować lampką sygnalizacji awarii. Moduł służy do przekazywania danych do zewnętrznego urządzenia diagnostycznego.

Oprogramowanie EUS systemu ESP bierze pod uwagę ok. 70 zmiennych, mających wpływ na sposób zadziałania układu. Elektroniczny moduł sterujący (rys. 5.7) oblicza na podstawie danych z powyższych czujników teoretyczną prędkość żyroskopową (obrotową wokół osi pionowej), która odpowiada chwilowemu zamierzonemu torowi jazdy i warunkom przyczepności do powierzchni jezdni. Ta prędkość porównywana jest z rzeczywistą prędkością żyroskopową, która



Rys. 5.6. Elektroniczna centralka sterująca ABS [15]:

1 – czujniki prędkości obrotowej, 2 – złącze diagnostyczne, 3 – akumulator, 4 – układ wejściowy, 5 – regulator cyfrowy, 6 – mikroprocesor, 7 – pamięć stała, 8 – stabilizator napięcia i pamięć usterek, 9 – stopnie wyjściowe ze wzmacniaczami, 10 – podwójne zawory elektromagnetyczne do zwiększania lub zmniejszania ciśnienia, 11 – przekaznik, 12 – stabilizowane napięcie akumulatora, 13 – lampka kontrolna.



Rys. 5.7. Schemat działania sterownika ESP [15]

mierzona jest za pomocą specjalnego czujnika umieszczonego centralnie. Jeżeli występują różnice pomiędzy dwiema wielkościami, układ aktywnie wkracza do akcji hamując odpowiednie koło (koła) regulując moment napędowy.

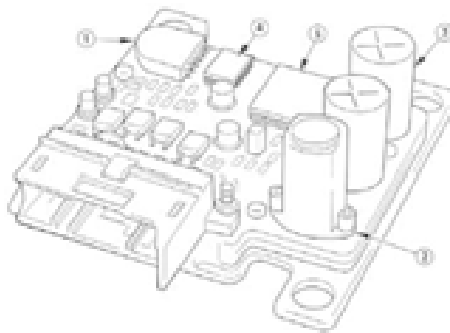
W przypadku samochodów z napędem na cztery koła przed konstruktorami układu ESP pojawiły się dodatkowe trudności. Ponieważ miarodajne informacje o chwilowej prędkości samochodu dostarczają koła nie napędzane potrzebna była zmiana sposobu zbierania danych o prędkości rzeczywistej samochodu. Dopiero zastosowanie oprogramowania, wyliczającego prędkość na podstawie zachowania wszystkich czterech kół przyniosła przełom. W marcu 1997 roku, prawie dwa lata po premierze ESP, pojawił się on po raz pierwszy w samochodzie z napędem na cztery koła (Audi A8 4.2 quattro)

Podstawowe funkcje sterownika systemu poduszek powietrznych SRS to:

- ocena w chwili wypadku siły uderzenia oraz podjęcie decyzji o detonacji poduszki i/lub napinaczy pasów. W pamięci sterownika zanotowane zostaną dane o sile i kącie uderzenia oraz wszystkie inne dostępne dane, w zależności od oprogramowania tzw. *Crash record*.
- uruchomienie funkcji pomocniczych w chwili wypadku – odryglowanie zamka centralnego, odcięcie dopływu paliwa i zasilania z akumulatora, uruchomienie systemów powiadamiania o wypadku.
- monitorowanie obwodów poduszek, napinaczy i czujników, sterowanie kontrolką systemu oraz komunikacja z urządzeniem diagnostycznym.

Sterownik systemu SRS (rys. 5.8) składa się z następujących bloków:

- czujnik przyspieszeń – zazwyczaj piezoelektryczny, a w nowych rozwiązaniach półprzewodnikowy mikromechaniczny czujnik powierzchniowy, ma za zadanie wygenerować sygnał o przyspieszeniach (opóźnieniach) jakim poddawany jest pojazd.
- włącznik bezpieczeństwa – jest to mechaniczny czujnik opóźnień, stanowi ostatni stopień zabezpieczający przed fałszywymi wyzwoleniami poduszki powietrznej, np. od fałszywych sygnałów z czujnika przyspieszeń
- blok podtrzymania napięcia zasilającego (awaryjnego) – w układzie tym zazwyczaj występuje kondensator podtrzymujący napięcie zasilające sterownik, nawet w przypadku odłączenia go od zewnętrznego napięcia zasilającego np. w wyniku wypadku. Sterownik jest wówczas zasilany z tego źródła i przez ponad 100 ms od odłączenia od instalacji pojazdu jest w pełni sprawny i jest w stanie zdetonować poduszkę i napinacze.
- układ ASIC (Application Specified Integrated Circuit – układ scalony specyficzny dla aplikacji) – realizuje funkcje takie jak przetwarzanie sygnałów z czujników, formowanie sygnałów testujących obwody, przetwarzanie poziomów napięć dla komunikacji z urządzeniem diagnostycznym. Czasem zawiera on także tranzystory sterujące włóknami poduszek i napinaczy. W innych rozwiązaniach te tranzystory zawiera drugi układ specjalizowany lub występują one w postaci pojedynczych elementów.
- mikrokontroler – zarządza pracą całego sterownika.



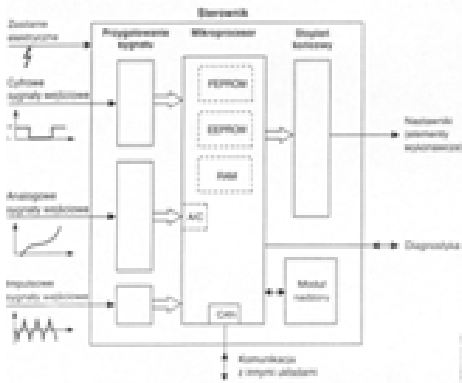
Rys. 5.8. Przykład budowy sterownika systemu SRS [23].

1 – czujnik przyspieszeń, 2 – włącznik bezpieczeństwa, 3 – układ podtrzymania napięcia zasilającego (awaryjnego), 4 – układ ASIC, 5 – mikrokontroler

Spotkać można także starsze i prostsze rozwiązania – np. w pojazdach BMW i Fiat – gdzie sterownik systemu jest zintegrowany z poduszką powietrzną kierowcy i wraz z lampką kontrolną systemu, stanowi integralny tzw. *Euromodul*.

Mikroprocesory w sterowniku EDC przetwarzają sygnały wejściowe najczęściej cyfrowo na podstawie programu zapisanego w stałej pamięci (rys. 5.9). Dodatkowo w pamięci Flash-Eprom są zapisane specyficzne charakterystyki do sterowania silnika. Dane dla elektronicznej blokady silnika, dane korekcyjne i wykonawcze oraz ewentualne błędy wykryte podczas pracy są zapisane w programowalnej stałej pamięci do zapisu i odczytu.

Z powodu różnorodności wariantów silnika i wyposażenia pojazdów, sterowniki są wyposażone w programowanie wariantowe. Za pomocą tego kodowania u producenta pojazdu lub w warsztacie dokonuje się wyboru charakterystyk zapisanych w pamięci błyskowej Flash-Eprom, aby móc spełnić żądane funkcje danej odmiany pojazdu. Wybór ten jest zapisywany także w pamięci EEPROM.



Rys. 5.9. Przetwarzanie sygnału w sterowniku EDC

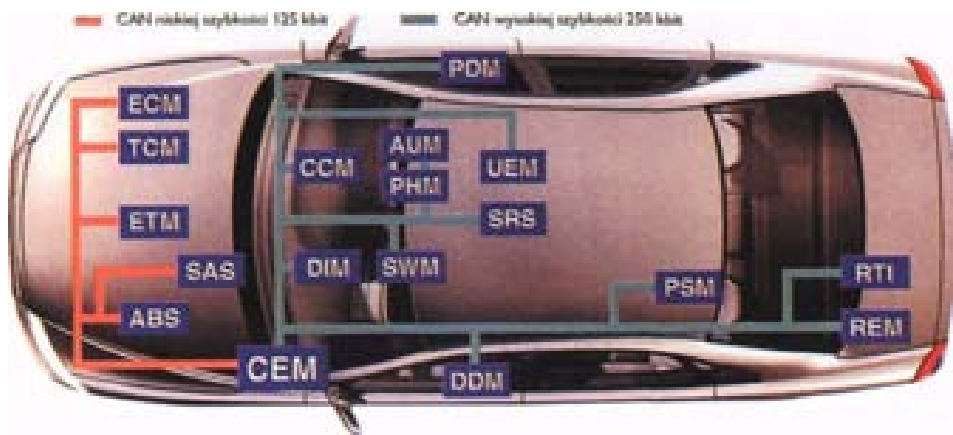
Inne odmiany sterowników są przygotowywane w ten sposób, aby kompletne zestawy danych mogły być zaprogramowane w pamięci Flash-EPROM w końcowej fazie produkcji pojazdu.

Przekazywanie dużych ilości informacji z dużymi prędkościami transmisji umożliwia **szyna transmisyjna CAN** (ang. – **Controller Area Network**). Nazwa ta obejmuje zarówno magistrale, jak i protokół określający sposób przesyłania

danych. Jednostka sterująca wykorzystuje tę szynę do komunikacji ze wszystkimi układami pojazdu.

CAN działa na zasadzie rozsiewczej, co oznacza, że informacja wysyłana przez jedno urządzenie dociera do wszystkich pozostałych. Przesyłane pakiety danych zawierają identyfikator adresata (urządzenia, dla którego przeznaczone są dane). Magistrala CAN dopuszcza możliwość nadawania jednocześnie tylko przez jedno urządzenie, przy czym wykorzystywany jest system priorytetów. W rozwiniętych układach CAN w pojeździe przebiega kilka sprzężonych ze sobą szyn danych (rys. 5.10). Dane ważne dla bezpieczeństwa jazdy przepływają szyną o większej przepustowości niż sygnały mniej ważne.

W samochodach Volvo S80 występują dwa systemy przesyłania danych. System o dużej szybkości został zastosowany pod pokrywą komory silnika, natomiast system wolniejszy – w kabinie i układach odpowiedzialnych za komfort jazdy. Interfejsem obu systemów jest centralne urządzenie sterujące (CEM)



Rys. 5.10. Rozmieszczenie systemów przesyłania danych w samochodzie VOLVO S80 [29]

- ABS – system zapobiegający blokowaniu hamulców
- AUM – zespół audio
- CCM – zespół sterowania klimatyzacją
- CEM – centralne urządzenie sterujące oraz interfejs między szynami low speed i high speed
- DDM – moduł sterowania elektrycznymi funkcjami w drzwiach kierowcy
- DIM – wyświetlacz informacji dla kierowcy
- ECM – system sterowania pracą silnika
- ETM – moduł przepustnicy
- PDM – moduł sterowania elektrycznymi funkcjami w drzwiach pasażerów
- PHM – moduł telefonu
- PSM – moduł regulacji foteli
- REM – moduł sterowania funkcjami z tyłu pojazdu
- RTI – system nawigacji
- SAS – moduł kierownicy (z czujnikiem obrotu koła kierownicy)
- SRS – system bezpieczeństwa biernego (poduszki powietrzne, napinacze pasów bezpieczeństwa)
- SWM – moduł funkcji zintegrowanych z kołem kierownicy (sygnał dźwiękowy, tempomat, telefon, radio)
- TCM – moduł automatycznej skrzyni biegów
- UEM – moduł sterowania funkcjami w górnej części kabiny

6. UKŁADY WTRYSKU BENZYNY K-JETRONIC I D-JETRONIC FIRMY BOSCH

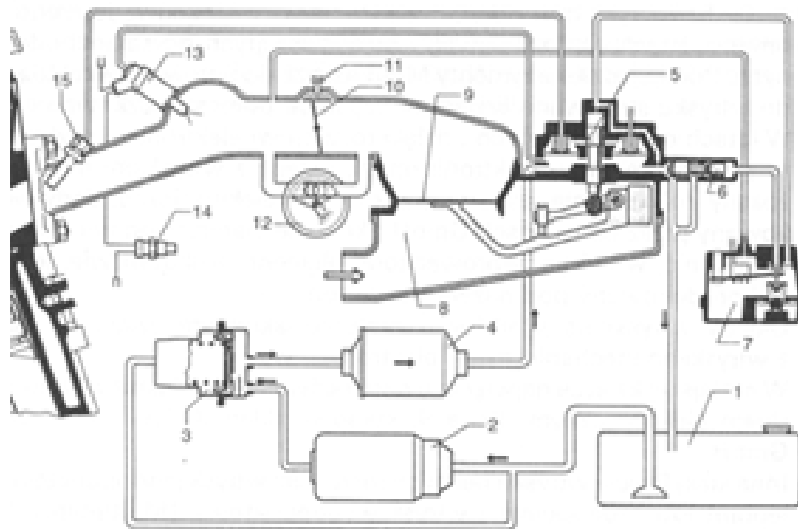
K-Jetronic to układ wtryskowy sterowany mechanicznie (rys. 6.1.), zapewniający stałe dostarczanie paliwa. K-Jetronic jest skonstruowany w taki sposób, by spełniał następujące funkcje:

1. mierzył ilość zasysanego przez silnik powietrza;
2. dostarczał paliwo; elektryczna pompa paliwa przekazuje paliwo do rozdzielacza, który przesyła odpowiednią jego ilość do wtryskiwaczy;

Ilość zassanego przez silnik powietrza w zależności od położenia przepustnicy stanowi główny element procesu przygotowania mieszanki. Ilość powietrza jest

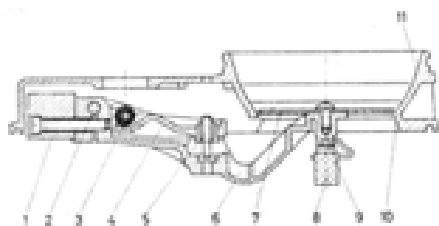
mierzona przez przepływomierz, który oddziałuje na rozdzielacz; przepływomierz powietrza i rozdzielacz pełnią funkcję regulatora mieszanki.

Regulator mieszanki, utworzony z przepływomierza powietrza (rys. 6.2.) i rozdzielacza paliwa, jest głównym zespołem układu K-Jetronic. Tarcza spiętrzająca przepływomierza jest uchylana odpowiednio do ustawienia przepustnicy i masy zasysanego powietrza. Powstający wówczas moment siły działa, poprzez ramię przepływomierza i dźwignię pośrednią, na tłok sterujący rozdzielacza paliwa i stara się unieść go do góry. Temu momentowi siły aerodynamicznej przeciwstawia się



Rys. 6.1. Schemat układu K-Jetronic (BMW 323 i) [5]

1 – zbiornik paliwa, 2 – elektryczna pompa paliwa, 3 – zasobnik ciśnieniowy paliwa, 4 – filtr paliwa, 5 – rozdzielacz paliwa, 6 – regulator ciśnienia z zaworem zwrotnym, 7 – regulator fazy nagrzewania silnika, 8 – przepływomierz powietrza zasysanego, 9 – tarcza spiętrzająca, 10 – przepustnica, 11 – wkręt regulacji prędkości obrotowej biegu jałowego, 12 – zawór suwakowy powietrza dodatkowego, 13 – wtryskiwacz rozruchowy, 14 – wyłącznik termiczno-czasowy, 15 – wtryskiwacz roboczy.



Rys. 6.2. Przekrój górnośącego przepływomierza powietrza [5]

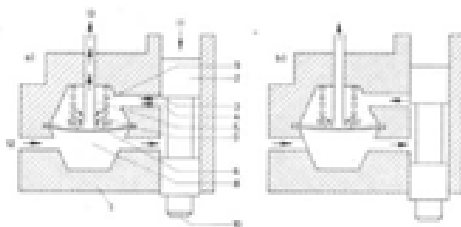
1 – przeciwcieżar, 2 – sworzeń łożyska, 3 – łożysko igiełkowe, 4 – dźwignia pośrednia, 5 – wręć regulacji składu mieszanki, 6 – ramię przepływomierza, 7 – tarcza spiętrzająca, 8 – zderzak gumowy, 9 – płaska sprężyna zde-zrzakowa, 10 – stożek wlotowy (odciążający), 11 – gardziel przepływomierza.

moment hydrauliczny, powstający w wy-niku działania ciśnienia sterowania na górną stronę tłoka sterującego.

Odpowiednio do istniejącego rozkła-du sił tłok sterujący jest przesuwany do góry lub do dołu. Pozioma krawędź sterująca tłoka przykrywa przy tym częściowo pionowe szczeliny w tulei rozdzielacza, dzięki czemu do wtryskiwaczy może dopływać więcej lub mniej paliwa. W ten sposób zawsze jest zapewniony właściwy stosunek dozowanych ilości paliwa do masy powietrza zassanego przez silnik. Tuleja rozdzielacza posiada tyle szczelin sterowanych, ile jest cylindrów w silniku lub tyle, ile jest wtryskiwaczy.

W rozdzielaczu paliwa rozmieszczono stosowną do liczby cylindrów ilość za-worów różnicowych (rys. 6.3.). Dzięki nim natężenie przepływu paliwa do wtry-skiwaczy zależy wyłącznie od stopnia od-słonięcia szczelin sterowanych. Umiesz-czony w regulatorze mieszanki regulator ciśnienia utrzymuje w układzie zasilania niezmiennie ciśnienie.

Do rozruchu zimnego silnika jest sto-sowany elektromagnetyczny wtryskiwacz

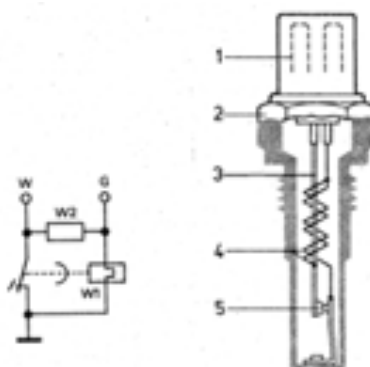


Rys. 6.3. Schemat działania zaworu różnicowego w rozdzielaczu paliwa [5]

a – przy dużym przepływie, b – przy małym przepływie, 1 – rozdzielacz paliwa, 2 – tłok sterujący, 3 – krawędź sterująca, 4 – szczelina sterowana, 5 – sprężyna ciśnienia różnicowe-go, 6 – przepona, 7 – talerzyk sprężyny, 8 – komora dolna, 9 – komora górna, 10 – czop oparcia tłoka na łożysku igiełkowym przepły-womierza powietrza, 11 – kierunek działania ciśnienia sterującego, 12 – kierunek działania ciśnienia zasilającego, 13 – kierunek odpły-wu do wtryskiwacza

rozruchowy. Wtryskiwacz ten jest stero-wany włącznikiem termiczno-czasowym (rys. 6.4.) i podczas rozruchu zimnego silnika wtryskuje paliwo do kolektora do-lotowego silnika.

W okresie nagrzewania silnik musi otrzy-mywać zwiększone ilości paliwa. Są one



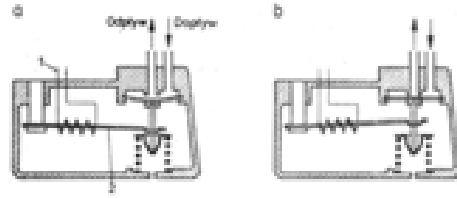
Rys. 6.4. Wyłącznik termiczno-czasowy z dwoma uzwojeniami grzejnymi [5]

1 – wtyk, 2 – korpus, 3 – płaskownik z termo-bimetalu, 4 – uzwojenia grzejne, 5 – zestyk

uzyskiwane przez obniżenie ciśnienia sterującego działającego na górną część tłoka. Działająca na dolną część tłoka siła aerodynamiczna może wówczas przesunąć wyżej tłok sterujący. Przekrój otwarcia szczelin sterujących zostanie zwiększony i do wtryskiwaczy będzie dopływać więcej paliwa.

Stopień obniżenia ciśnienia sterującego oraz czas wzbogacania mieszanki są sterowane regulatorem termicznym (rys. 6.5.). Elektrycznie ogrzewany termobimetal regulatora odkształca się w miarę wzrostu temperatury silnika, a po nagrzaniu się silnika, wyłącza całkowicie regulator termiczny. Schemat połączeń elektrycznych układu K-Jetronic przedstawia rys. 6.6.

Układ wtryskowy Bosch KE-Jetronic. Jest on oparty na zasadzie działania układu K-Jetronic i stanowi jego rozwinięcie. Jest to również mechaniczno-hydrauliczny układ wtryskowy, w którym ilość paliwa wtryskiwanego w sposób ciągły przed zawory dolotowe zależy od zasysanej ilości powietrza. W układzie KE-

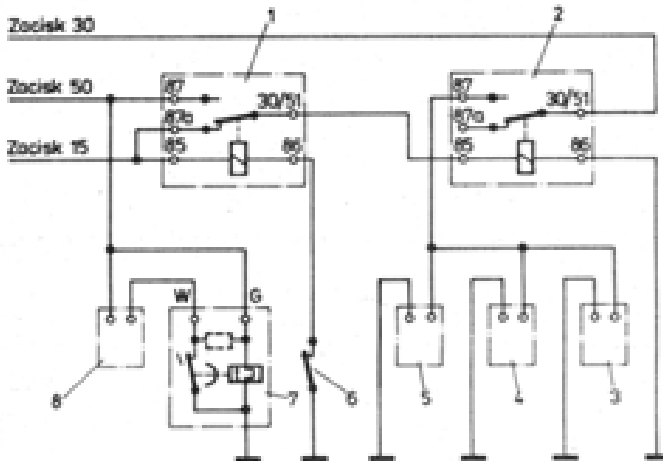


Rys. 6.5. Schemat regulatora termicznego [5]
 a – położenie przepony zaworu przy zimnym silniku; w takim położeniu nadciśnienie sterowania jest niskie – min 0,5 bar (0,05 MPa),
 b – położenie przepony przy silniku nagrzanym; w takim położeniu nadciśnienie sterowania wynosi 3,7 bar (0,37 MPa) 1 – uzwojenie grzejne, 2 – termobimetal

Jetronic (rys. 6.7.) czujniki mierzą zmienne parametry pracy silnika i wysyłają analogowe sygnały wyjściowe do urządzenia sterującego, które je przetwarza.

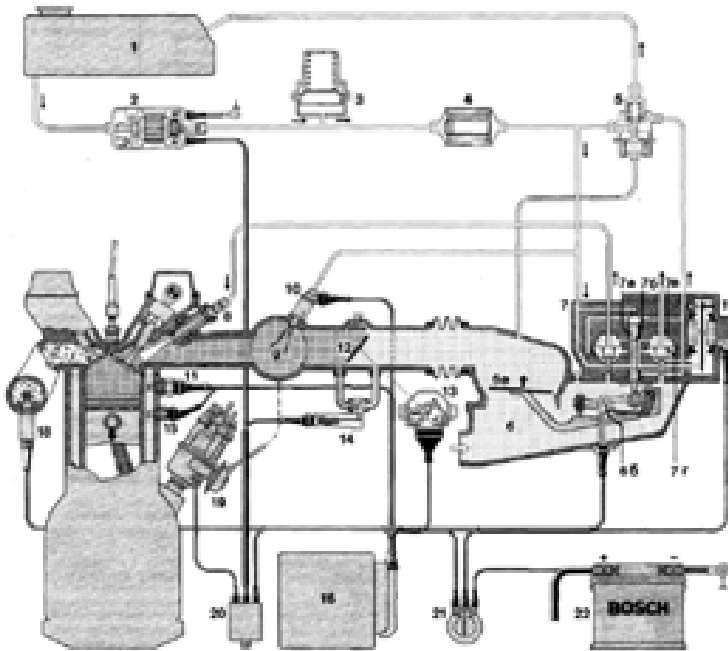
W układzie KE-Jetronic należy wyróżnić pięć jego charakterystycznych funkcji:

- pomiar ilości powietrza,
- zbieranie sygnałów określających parametry pracy, jak prędkość obrotowa, temperatura i obciążenie silnika,



Rys. 6.6. Schemat połączeń elektrycznych układu Bosch K-Jetronic [5]

1 – przełącznik I, 2 – przełącznik II, 3 – zawór powietrza dodatkowego, 4 – regulator termiczny, 5 – elektryczna pompa paliwa, 6 – mikroprzełącznik w przepływomierzu powietrza, 7 – wyłącznik termiczno-czasowy, 8 – elektromagnetyczny wtryskiwacz rozruchowy



Rys. 6.7. Budowa układu KE-Jetronic [13]

1 – zbiornik paliwa, 2 – elektryczna pompa paliwa, 3 – akumulator paliwa, 4 – filtr paliwa, 5 – regulator ciśnienia, 6 – przepływomierz powietrza, 7 – rozdzielacz paliwa, 8 – wtryskiwacz roboczy, 9 – kolektor dolotowy, 10 – wtryskiwacz rozruchowy, 11 – włącznik termiczno-czasowy, 12 – przepustnica, 13 – czujnik położenia przepustnicy, 14 – zawór powietrza dodatkowego, 15 – czujnik temperatury, 16 – elektroniczne urządzenie sterujące, 17 – elektrohydrauliczny regulator, 18 – sonda lambda, 19 – rozdzielacz zapłonu, 20 – przekaźnik, 21 – włącznik zapłonu, 22 – akumulator.

- mechaniczno-hydrauliczne dawkowanie paliwa dla podstawowych faz pracy silnika,
- elektroniczne sterowanie wzbogacaniem mieszanki podczas rozruchu, w fazie porozruchowej, w fazie nagrzewania, podczas przyspieszania i przy pełnym obciążeniu,
- specjalne funkcje dodatkowe jak: odcinanie paliwa podczas hamowania silnikiem, ograniczenie prędkości obrotowej, regulacja współczynnika lambda itp.

Pomiar ilości powietrza odbywa się w taki sam sposób, jak w układzie wtryskowym K-Jetronic, zasilanie paliwem jest podobne. Pompa rolkowo-komorowa

tłoczy paliwo pod ciśnieniem 540 kPa, a w niektórych typach samochodów pod ciśnieniem 550 do 650 kPa

Nie ma w tym układzie wtryskowym regulatora fazy nagrzewania. Ciśnienie hydrauliczne działające na tłok sterujący rozdzielacza paliwa jest określone przez regulator ciśnienia w układzie. Jest utrzymywana stała, dokładna wartość ustawionego ciśnienia sterującego, niezależnie od wahań ciśnienia w układzie, które występują z powodu zmian ciśnienia tłoczenia lub dostarczania do silnika większych dawek paliwa w związku ze zwiększeniem obciążenia. Działanie tłoka sterującego i zaworów

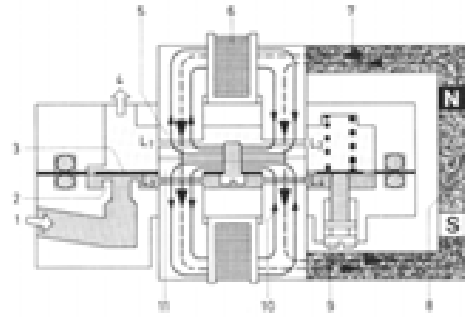
różnicowych jest podobne, jak w układzie K-Jetronic.

Elektroniczne urządzenia sterujące układu Bosch KE-Jetronic zależnie od wymagań i różnic mogą być analogowe, analogowo-cyfrowe lub cyfrowe. Urządzenie sterujące może zawierać dodatkowo moduły do regulacji napełnienia podczas biegu jałowego i regulacji współczynnika lambda. Dzięki wyposażeniu w specjalny obwód urządzenie sterujące jest zasilane stabilnym napięciem. Zakłócenia sygnałów wejściowych są eliminowane przez filtr przeciwzakłóceńowy. Sygnały są zbierane przez sumator, przetwarzane we wzmacniaczu operacyjnym i przesyłane do regulatora prądu.

Elektrohydrauliczny nastawnik ciśnienia jest sterowany przez człon wyjściowy z wykorzystaniem przepływu skierowanych przeciwnie prądów do zwiększania lub zmniejszania wymaganego spadku ciśnienia. Tranzystor sterowany w sposób ciągły może ustawiać w nastawniku ciśnienia dowolnie natężenie prądu w kierunku jego zwiększania, podczas gdy przy hamowaniu silnikiem prąd płynie w kierunku przeciwnym i powoduje zamknięcie zaworów różnicowych.

Urządzenie sterujące otrzymuje z czujników następujące informacje o aktualnych parametrach pracy silnika:

- rozruch,
- prędkość obrotowa,
- temperatura silnika,
- ciśnienie powietrza,
- skład mieszanki,
- bieg jałowy lub pełne obciążenie,
- z nadajnika impulsów zapłonu,
- z czujnika temperatury cieczy chłodzącej,
- z czujnika ciśnienia barometrycznego,
- z sondy lambda,
- z czujnika położenia przepustnicy.



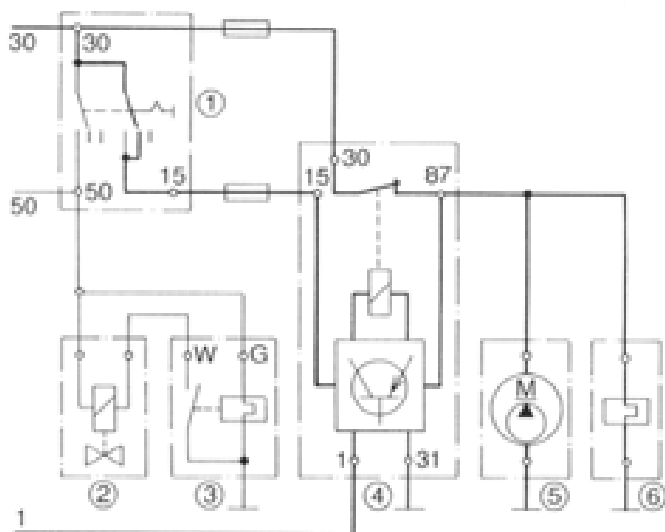
Rys. 6.8. Schemat elektrohydraulicznego nastawnika ciśnienia [5]

1 – dopływ paliwa, 2 – dysza, 3 – płytka oporowa, 4 – odpływ paliwa, 5 – biegun elektromagnesu, 6 – uzwojenie elektromagnesu, 7 – linie sił pola magnesu stałego, 8 – stały magnes (na rysunku obrócony o 90°), 9 – wkret regulacyjny położenia podstawowego, 10 – linie sił pola elektromagnesu, 11 – zwora elektromagnesu, L1 do L4 – szczeliny

Ciśnienie wtrysku wynosi 350 kPa. Wtryskiwacze robocze są omywane powietrzem.

Nastawnik ciśnienia zastępuje regulator fazy nagrzewania stosowany w układzie K-Jetronic. Podstawowymi częściami nastawnika ciśnienia (rys. 6.8) są dwa elektromagnesy, których działanie można zmieniać przez różne zasilanie cewek. Między elektromagnesami jest umieszczona elastyczna płytka ustalona w stanie równowagi. W wewnętrznej przestrzeni nastawnika występuje zmieniające się ciśnienie w układzie, ponieważ płytka przez działanie elektromagnesów otwiera lub zamyka zależnie od potrzeby dopływ do przestrzeni nastawnika. O taką samą wartość, jak w dolnej komorze, zmienia się ciśnienie w górnej komorze zaworów różnicowych, co zapewnia regulację wielkości dawek paliwa płynących do wtryskiwaczy.

Schemat elektryczny układu KE-Jetronic przedstawia rys. 6.9, a w tab. 6.1 zamieszczono kody błędów.



Rys. 6.9. Schemat połączeń elektrycznych w układzie KE-Jetronic podczas jazdy [5]

Tabela 6.1. Kody błędów dla układu Bosch KE5.2-Jetronic – urządzenie sterujące

Kod błyskowy/kod czynnika kodów usterek	Opis
1	W pamięci nie ma żadnych błędów. Wykonać czynności sprawdzające
2	Przełącznik pompy paliwa lub jej obwód
3	Brak sygnału prędkości silnika
4	Sonda lambda lub jej obwód
5	Uszkodzone wyjście urządzenia sterującego zaworu dodatkowego powietrza
6	Uszkodzone wyjście urządzenia sterującego wyłącznika „kickdown”
9	Grzałka sondy lambda lub jej obwód
11	Brak sygnału włączającego sprężarkę klimatyzacji
12	Uszkodzone wyjście urządzenia sterującego sprężarki klimatyzacji
13	Zbyt duży poślizg paska sprężarki klimatyzacji
14	Nieprawidłowy sygnał prędkości
15	Zwarcie w obwodzie pompy paliwa

Układ Bosch D-Jetronic. Jest to układ wtryskowy, w którym paliwo jest wtryskiwane okresowo pod niskim ciśnieniem do rur dolotowych silnika (rys. 6.10.). Składa się on z trzech współpracujących obwodów:

- obwodu zasilania paliwem,
- obwodu doprowadzenia powietrza,
- elektronicznego obwodu sterowania.

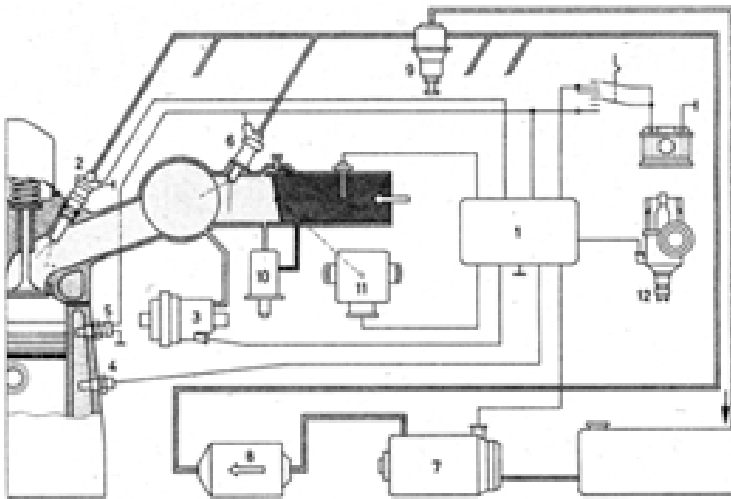
Paliwo ze zbiornika poprzez filtr i akumulator ciśnienia jest tłoczone pod ciśnieniem 200 kPa do 220 kPa przez

pompę rolkowo-komorową o napędzie elektrycznym do przewodu zbiorczego paliwa i doprowadzane do wtryskiwaczy roboczych oraz do wtryskiwacza rozruchowego. Ciśnienie w obwodzie zasilania paliwem utrzymuje regulator, który jest połączony przewodem nadmiaru paliwa ze zbiornikiem. Zasysane powietrze jest doprowadzane przez filtr do kolektora dolotowego. Natężeniem przepływu powietrza regulowane jest przepustnicą do poszczególnych cylindrów. Jeden z króćców w kolektorze jest połączony z czujnikiem ciśnienia zasysanego powietrza.

Przy zamkniętej przepustnicy niezbędna ilość powietrza jest doprowadzana przewodem bocznikowym. Podczas rozruchu zimnego silnika i jego nagrzewania dodatkowe powietrze do silnika jest doprowadzane przez zawór powietrza dodatkowego.

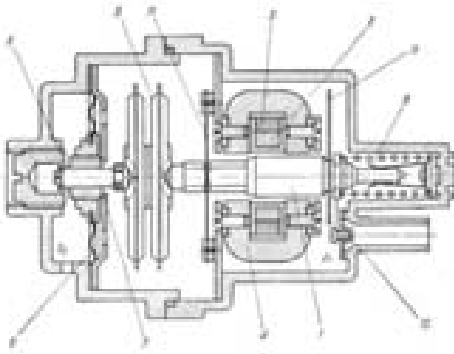
Czujnik ciśnienia powietrza (rys. 6.11.) mierzy różnicę między zewnętr-

nym ciśnieniem atmosferycznym i ciśnieniem bezwzględnym panującym w kolektorze dolotowym za przepustnicą od strony silnika oraz przetwarza tą różnicę ciśnień na sygnał elektryczny. Na podstawie natężenia prądu sterującego jest określana podstawowa dawka paliwa wymagana dla aktualnego obciążenia silnika. Zestyki wyzwalające w rozdzielaczu zapłonu służą do wprowadzania danych o prędkości obrotowej silnika do mikroprocesora urządzenia sterującego, sterują przernutnikiem niezbędnym do pracy elektrycznej pompy paliwa i służą do określania początku wtrysku oraz grupy wtryskiwaczy odpowiednio do położenia wału rozrządu. Ilość paliwa określona na podstawie obciążenia silnika (czujnik ciśnienia) i prędkości obrotowej silnika (zestyki wyzwalające) jest korygowana w zależności od temperatury. Temperatura zasysanego powietrza i temperatura cieczy chłodzącej są mierzo-



Rys. 6.10. Układ wtryskowy Bosch D-Jetronic [5]

1 – elektroniczne urządzenie sterujące, 2 – elektromagnetyczny wtryskiwacz roboczy, 3 – czujnik ciśnienia w kolektorze dolotowym, 4 – czujnik temperatury, 5 – wyłącznik termiczny lub termiczno-czasowy, 6 – elektromagnetyczny wtryskiwacz rozruchowy, 7 – elektryczna pompa paliwa, 8 – filtr paliwa, 9 – regulator ciśnienia paliwa, 10 – zawór powietrza dodatkowego, 11 – czujnik położenia przepustnicy, 12 – zestyki wyzwalające



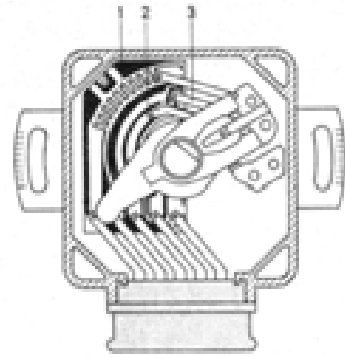
Rys. 6.11. Budowa czujnika ciśnienia [5].

1 – rdzeń ruchomy, 2 – uzwojenie pierwotne, 3 – uzwojenie wtórne, 4 – rdzeń nieruchomy, 5 – puszkę aneroidu, 6 – zderzak obciążenia maksymalnego, 7 – zderzak obciążen częściowych, 8 – przepona, 9 – tłumik, 10 – zaworek, 11 – sprężyna płaska.

ne przez czujniki rezystancyjne o ujemnym współczynniku temperaturowym.

Czujnik położenia przepustnicy (rys. 6.12.) przekazuje do urządzenia sterującego następujące informacje:

- kąt otwarcia przepustnicy,
- prędkość otwierania przepustnicy (wzbogacanie mieszanki podczas przyspieszania),

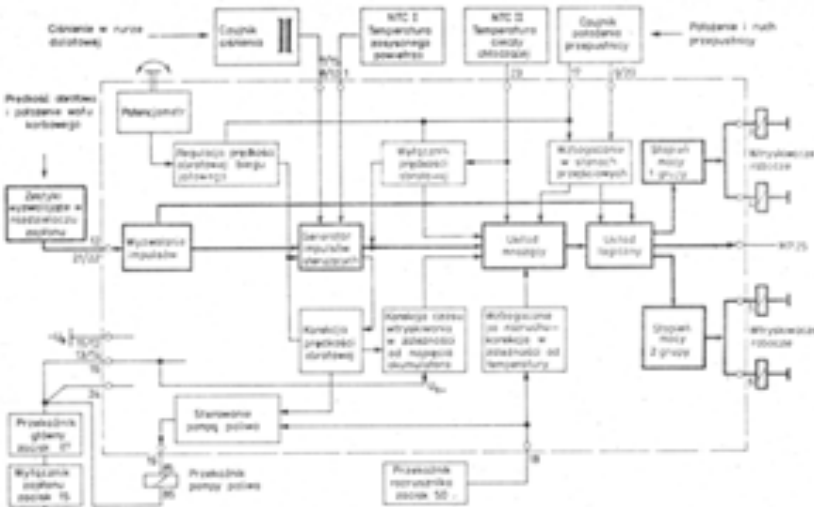


Rys. 6.12. Czujnik położenia przepustnicy ze stykiem wzbogacania podczas pełnego obciążenia [5]

1 – meandrowata ścieżka przewodząca do wzbogacania podczas pełnego obciążenia, 2 – styk pełnego obciążenia, 3 – styk biegu jałowego

- maksymalne otwarcie przepustnicy (wzbogacanie podczas pełnego obciążenia),
- położenie zamknięcia przepustnicy (odcinanie paliwa podczas hamowania silnikiem – tylko D-Jetronic I generacji).

Schemat blokowy EUS przedstawia rys. 6.13.



Rys. 6.13. Schemat blokowy elektronicznego urządzenia sterującego układu D-Jetronic [6]

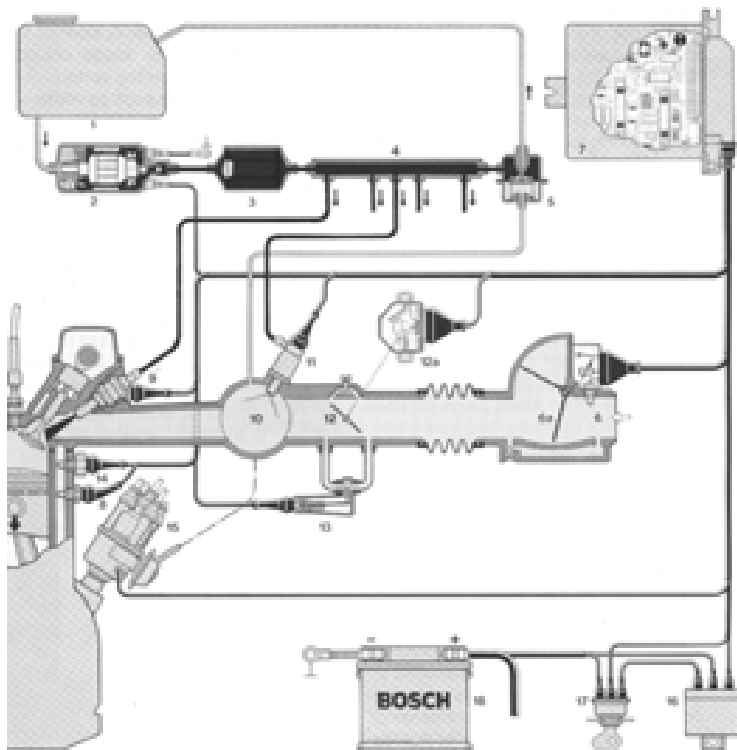
7. UKŁADY WTRYSKU BENZYNY L-JETRONIC I MOTRONIC FIRMY BOSCH

Układ wtrysku benzyny L-Jetronic (rys. 7.1) jest układem, w którym główną wielkością mierzoną w celu wyznaczenia ilości wtryskiwanego paliwa, jest objętość zasysanego powietrza. Stąd litera „L” w nazwie układu (*Luftmengenmessung* – pomiar natężenia przepływu powietrza).

Oprócz układu L-Jetronic, występują także jego kolejne generacje: LE i LH.

Pomiar ilości zasysanego powietrza jest, przy elektronicznym sterowaniu wtryskiwaniem, korzystniejszy od pomiaru ciśnienia w kolektorze dolotowym (rys. 7.2.). Ma on następujące zalety:

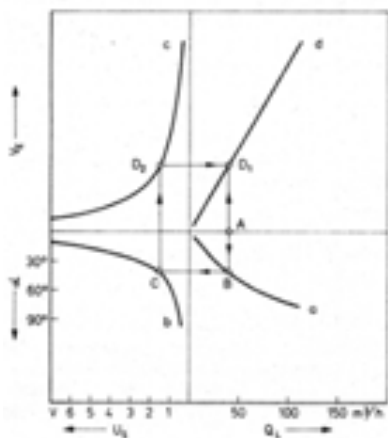
- kompensuje różnice w stopniu napełnienia powodowane tolerancjami produkcyjnymi, zużyciem silnika oraz osadzeniem się nagaru w komorze spalania.



Rys. 7.1. Układ wtryskowy L-Jetronic [10]

1 – zbiornik paliwa, 2 – elektryczna pompa paliwa, 3 – filtr paliwa, 4 – rura rozdzielająca, 5 – regulator ciśnienia paliwa, 6 – przepływomierz powietrza, 6a – klapka przepływomierza, 7 – elektroniczne urządzenie sterujące, 8 – czujnik temperatury, 9 – elektromagnetyczny wtryskiwacz roboczy, 10 – kolektor dolotowy, 11 – elektromagnetyczny wtryskiwacz rozruchowy, 12 – przepustnica, 12a – czujnik położenia przepustnicy, 13 – zawór powietrza dodatkowego, 14 – włącznik termiczno-czasowy, 15 – rozdzielacz zapłonu, 16 – przekaźnik, 17 – włącznik zapłonu, 18 – akumulator.

- kompensuje wpływ zmian przeciwności ciśnienia gazów wylotowych wynikający z zastosowania dopalaczy termicznych lub katalitycznych, skutki zużycia, zmian wysokości nad poziomem morza oraz zmian ciśnienia atmosferycznego w ciągu dnia,
- umożliwia obniżenie kosztów w wyniku nie stosowania urządzenia do wzbogacania podczas przyspieszania, dzięki temu, że sygnał odbierany z przepływomierza powietrza wyprzedza napełnienie cylindrów silnika,
- zapewnia bardziej równomierny bieg jałowy silnika,
- umożliwia stosowanie recyrkulacji spalin w celu obniżenia temperatury komory spalania, gdyż przepływomierz mierzy tylko ilość zasysanego powietrza i według niej jest ustalana



Rys. 7.2. Wykres zależności między ilością zasysanego powietrza, kątem odchylenia kłapy spiętrzającej, napięciem na potencjometrze i wielkością wtrysniętej dawki paliwa [5]

a – kąt odchylenia kłapy spiętrzającej przepływomierza i, b – napięcie na potencjometrze U_s
 c – wyznaczona przez urządzenie sterujące dawka paliwa v_E , d – wyznaczona teoretycznie z ilości zasysanego powietrza Q_L dawka paliwa

przez urządzenie sterujące wielkość wtryskiwanej dawki paliwa.

Układ L-Jetronic składa się z trzech współzależnych układów:

- paliwowego,
- dolotowego powietrza,
- sterowania elektronicznego.

Paliwo jest zasysane ze zbiornika przez pompą rolkowo-komorową napędzaną elektrycznie i tłoczone poprzez filtr dokładnego oczyszczania i akumulator paliwa do przewodu rozdzielczego paliwa wtryskiwaczy. Paliwo dopływa do sterowanych elektromagnetycznie wtryskiwaczy roboczych i wtryskiwacza rozruchowego. Regulator ciśnienia paliwa utrzymuje w obwodzie paliwa stałe ciśnienie, które przy pełnym obciążeniu w zależności od typu samochodu wynosi 250...300 kPa. Zasysane powietrze jest doprowadzane poprzez filtr i przepływomierz powietrza do przepustnicy w kolektorze dolotowym. Przy przepływomierzu powietrza i kolektorze dolotowym jest jeden lub dwa przewody bocznikowe. Poza tym przy kolektorze dolotowym znajduje się króciec przewodu podciśnienia regulatora ciśnienia paliwa. W przepływomierzu ilość zasysanego powietrza jest przetwarzana na sygnał napięcia. Ten sygnał i dane o prędkości obrotowej podawane przez rozdzielacz zapłonu określają w zasadzie wielkość wtryskiwanej dawki paliwa. Podczas biegu jałowego i nagrzewania silnika zwiększona ilość powietrza jest doprowadzana przez suwakowy zawór powietrza dodatkowego.

Elektroniczne urządzenie sterujące jest połączone z elementami układu wiązką przewodów ze złączem 35-stykowym. Urządzenie sterujące wytwarza, na podstawie informacji z poszczególnych czujników, impulsy sterujące, które powodują

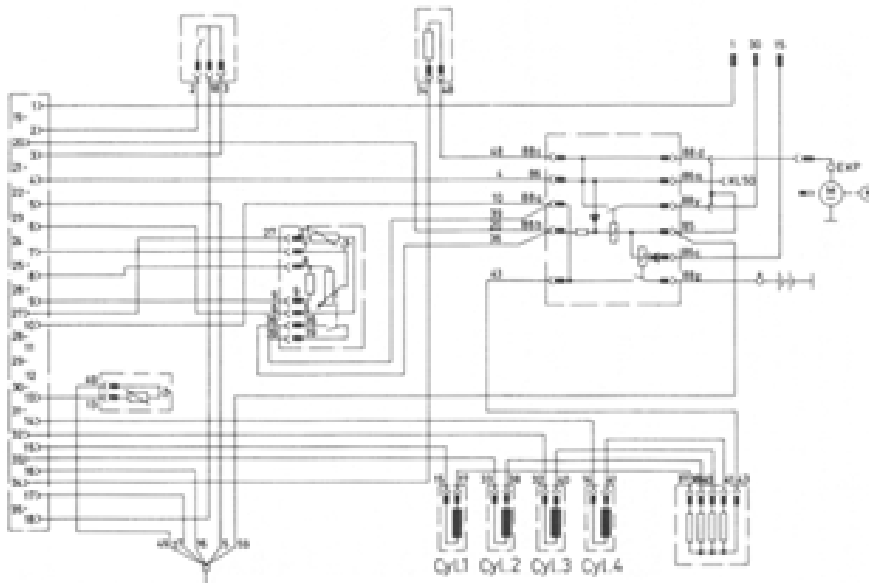
otwieranie wtryskiwaczy na dokładnie określony czas. Wtryskiwacze układu L-Jetronic są połączone równoległe i wtryskują paliwo przed zaworami dolotowymi równocześnie dwa razy na jeden obrót wału rozrządu. Sterowanie odbywa się przez zestyki akumulatorowego układu zapłonowego. Schemat elektryczny układu L-Jetronic przedstawia rys. 7.3.

Układ wtryskowy Bosch LE-Jetronic (rys. 7.4) jest rozwinięciem układów L-Jetronic I i II generacji. Wyeliminowano w nim rezystory dodatkowe wtryskiwaczy. Urządzenie sterujące jest bardziej zwarte, zmniejszono liczbę elementów półprzewodnikowych, jak również liczbę jego styków – z 35 do 25 (rys. 7.5). W układzie LE-Jetronic funkcję odcinania paliwa podczas hamowania silnikiem wbudowano w urządzenie sterujące, które natomiast nie bierze udziału w uruchamianiu zimnego silnika – wtryskiwacz rozruchowy jest sterowany wyłącznikiem termiczno-czasowym. Rezystancję uzwojenia wtryskiwa-

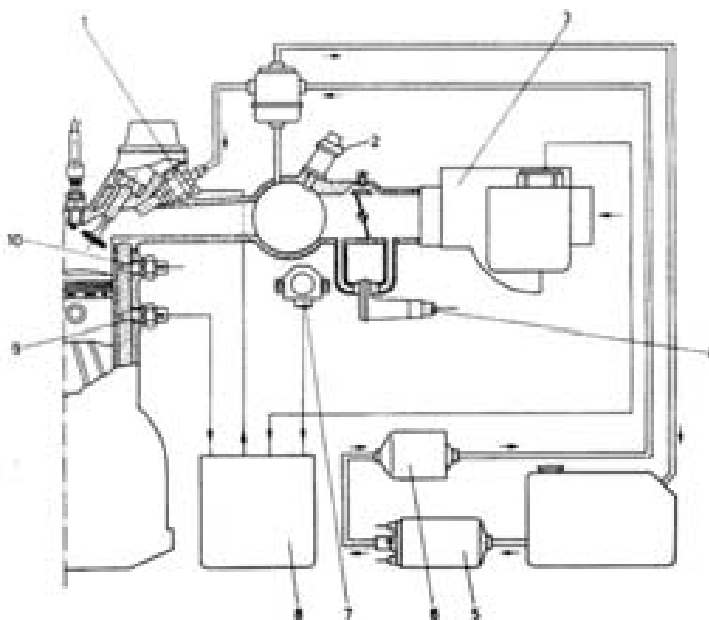
cza zmieniono z 2,5 Ω na 16,2 Ω . Wtryskiwacze robocze dla odróżnienia mają żółtą obudowę złącza elektrycznego.

W przepływomierzu powietrza usunięto zestyk sterujący pompą paliwa. Czujnik temperatury zasysanego powietrza jest połączony równoległe z dzielnikiem napięcia. Zmniejszono liczbę złączy przewodów z siedmiu w poprzednim układzie do czterech. Piąte złącze nie jest wykorzystane. Sterowanie pompą paliwa odbywa się poprzez przekaźnik złączający z elektronicznym członem czasowym. Tłoczenie paliwa jest przerywane po około 0,15 sekundy, jeśli silnik nie pracuje.

Liczbę przewodów w wiązce zmniejszono z 21 w poprzednim układzie do 11 i zmieniono wtyk złącza wiązki przewodów. Ciśnienie w obwodzie zasilania paliwem obniżono z 300 kPa do 250 kPa. Przelewowy regulator ciśnienia paliwa jest zaprojektowany na ciśnienie 260 do 340 kPa. Dla odróżnienia jest on oznakowany zielonym znakiem na obudowie.

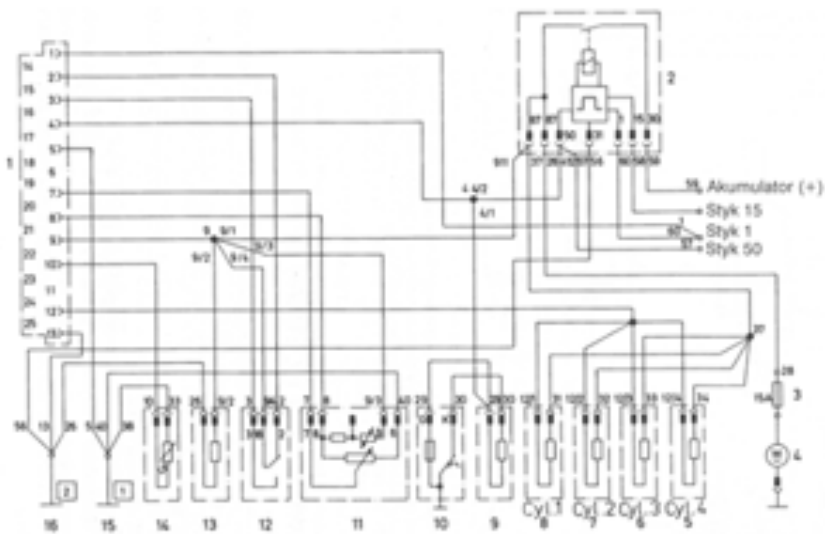


Rys. 7.3. Schemat połączeń elektrycznych układu Bosch L-Jetronic silnika Opel 2.0 E [4]



Rys. 7.4. Układ wtryskowy Bosch LE-Jetronic [5]

1 – wtryskiwacz roboczy, 2 – wtryskiwacz rozruchowy, 3 – przepływomierz powietrza, 4 – zawór powietrza dodatkowego, 5 – elektryczna pompa paliwa, 6 – filtr paliwa, 7 – czujnik położenia przepustnicy, 8 – elektroniczne urządzenie sterujące, 9 – czujnik temperatury, 10 – wyłącznik termiczno-czasowy



Rys. 7.5. Schemat połączeń elektrycznych układu Bosch LE-Jetronic silnika Opel 2.0 E [5]

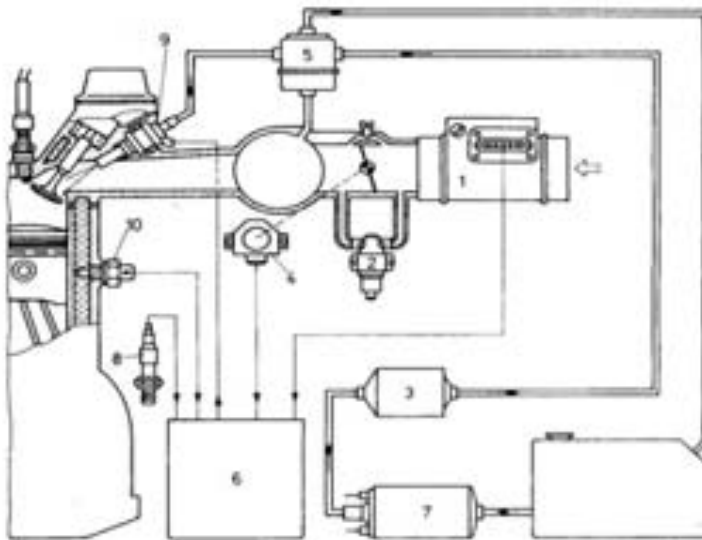
1 – złącze wielostykowe urządzenia sterującego, 2 – przekaźnik sterujący, 3 – bezpiecznik, 4 – pompa paliwa, 5 – wtryskiwacz roboczy, 6 – wtryskiwacz roboczy, 7, 8 – wtryskiwacz roboczy, 9 – wtryskiwacz rozruchowy, 10 – wyłącznik termiczno-czasowy, 11 – przepływomierz powietrza, 12 – czujnik położenia przepustnicy, 13 – zawór powietrza dodatkowego, 14 – czujnik temperatury cieczy chłodzącej, 15, 16 – zacisk masy wiązki przewodów

Układ wtryskowy Bosch LH-Jetronic (rys. 7.6). różni się od układu L-Jetronic przepływomierzem masowym z gorącym drutem (rys. i opis w rozdz. 2.2) i elektronicznym urządzeniem sterującym.

Elektroniczne urządzenie sterujące, wykonane techniką cyfrową, wyposażono w mikrokomputer, który składa się z trzech zintegrowanych członów, tj. jednostki centralnej CPU (Central processing unit), jednostki wejścia— wyjścia (input—output) oraz pamięci o pojemności 2000 słów 10-bitowych. Do dokładnego określenia masy zasysanego powietrza, także w przypadku pulsacji strumienia w przepływomierzu, sygnał elektryczny termoanemometru jest poddawany kontroli w bardzo krótkich odstępach czasu, a wyniki przetwarzane z dużą częstotliwością w procesorze. W omawianym przykładzie odbywa się to w czasie 0,001 s.

Kody błędów dla układu LH4.1-Jetronic zamieszczono w tab. 7.1.

Układ wtryskowy Bosch Motronic (rys. 7.7 i 7.9) Jest to zintegrowany wielopunktowy systemem wtryskowo – zapłonowy przeznaczony do sterowania zapłonem i wtryskiem paliwa. Wykorzystuje informacje pochodzące od czujników umieszczonych na silniku. Zmierzone przez czujniki parametry umożliwiają stałe dozowanie właściwej dawki paliwa i zapewniają ustawienie dokładnego kąta wyprzedzenia zapłonu. Mówiąc inaczej, informacje dotyczące wartości prędkości obrotowej, obciążenia silnika, temperatury silnika, ilości zasysanego powietrza, temperatury powietrza, położenia przepustnicy i składu gazów spalinowych są przekazywane do centralnego urządzenia sterującego, które na podstawie tych danych reguluje dopływ paliwa i kąt

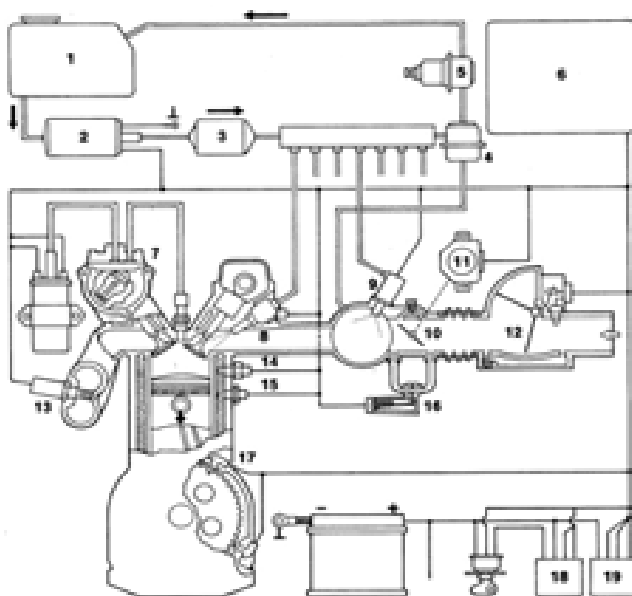


Rys. 7.6. Układ wtryskowy Bosch LH-Jetronic [5]

1 – przepływomierz powietrza, 2 – zawór powietrza dodatkowego, 3 – filtr paliwa, 4 – czujnik położenia przepustnicy, 5 – regulator ciśnienia paliwa, 6 – elektroniczne urządzenie sterujące, 7 – elektryczna pompa paliwa, 8 – sonda lambda, 9 – wtryskiwacz, 10 – czujnik temperatury

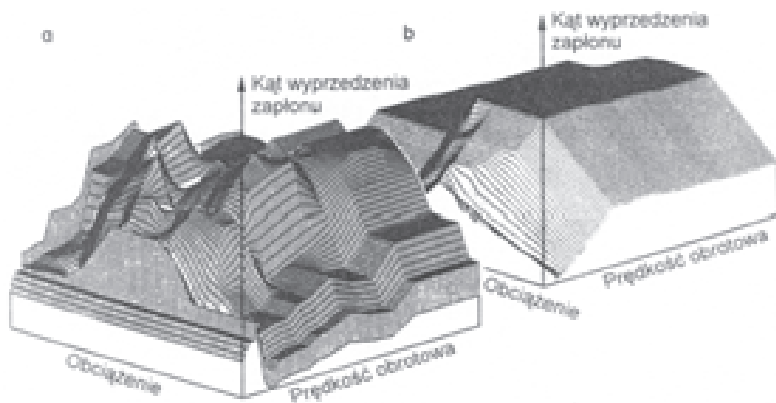
Tabela 7.1. Kody błędów układu Bosch LH4.1-Jetronic – układ podstawowy.

Kod błyskowy/ kod czytnika	Opis
1	W pamięci nie ma żadnych kodów. Wykonać zwykle czynności sprawdzające
5	Przekroczona maksymalna dopuszczalna temperatura w obudowie układu
6	Zablokowane elektromagnetyczne sprzęgło sprężarki klimatyzacji
7	Poślizg paska wieloklinowego
9	Przerwane zasilanie elektronicznego urządzenia sterującego (N3/1)
10	Przerwane zasilanie elektronicznego urządzenia sterującego (N3/1)
10	Przerwane zasilanie wtryskiwaczy paliwa (N3/1)
11	Przerwane zasilanie urządzeń sterujących wyposażenia dodatkowego
12	Napięcie zasilające urządzenie sterujące układu ABS (N30) lub ABS/ASR (N30/1)
12	Przerwana automatyczna blokada urządzenia sterującego mechanizmu różnicowego (N30/2) – kod alternatywny
15	Przerwane zasilanie zaworu (Y3) układu „kickdown” automatycznej skrzyni biegów
16	Przerwane zasilanie elektromagnetycznego sprzęgła sprężarki klimatyzacji
17	Przerwane zasilanie silnika dmuchawy układu (M2/2)



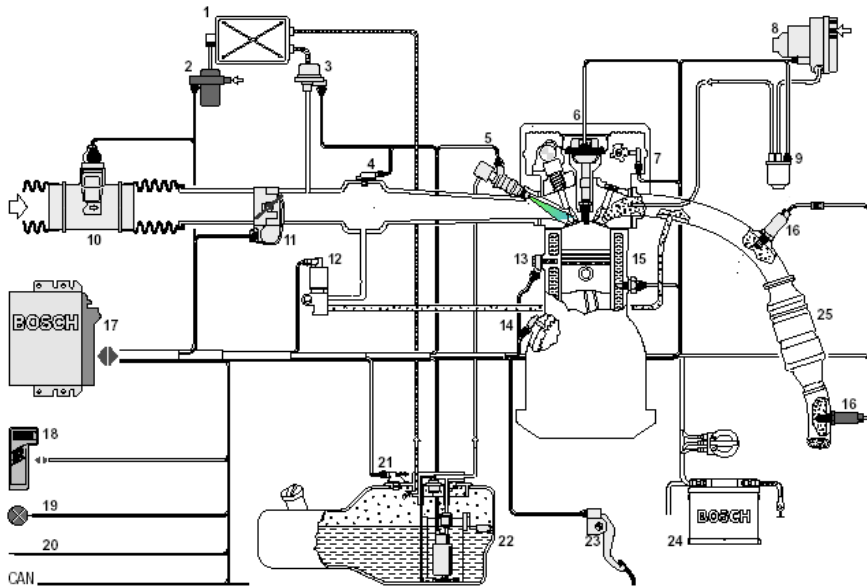
Rys. 7.7. Schemat układu Motronic [5]

1 – zbiornik paliwa, 2 – pompa paliwa, 3 – filtr paliwa, 4 – regulator ciśnienia, 5 – tłumik pulsacji, 6 – urządzenie sterujące, 7 – rozdzielacz zapłonu, 8 – wtryskiwacz roboczy, 9 – wtryskiwacz rozruchowy, 10 – przepustnica, 11 – czujnik położenia przepustnicy, 12 – przepływomierz powietrza, 13 – sonda lambda, 14 – włącznik termiczno-czasowy, 15 – czujnik temperatury cieczy chłodzącej, 16 – zawór powietrza dodatkowego, 17 – czujnik położenia wału korbowego, 18 – przełącznik główny, 19 – przełącznik pompy paliwa



Rys. 7.8. Charakterystyka ogólna kąta wyprzedzenia zapłonu w systemie Motronic w porównaniu z charakterystyką realizowaną systemem mechanicznym [5].

a – w systemie Motronic, b – realizowana mechanicznie



Rys. 7.9. Schemat systemu Motronic ME7 [30]

1 – filtr z węglem aktywnym, 2 – zawór odcinający, 3 – zawór odpowietrzania zbiornika paliwa, 4 – czujnik ciśnienia w kolektorze dolotowym, 5 – wtryskiwacz paliwa, 6 – świeca zapłonowa, 7 – czujnik fazy pracy silnika, 8 – pompa powietrza wtórnego, 9 – zawór regulacji dopływu powietrza wtórnego, 10 – przepływomierz powietrza zasysanego, 11 – elektronicznie sterowana przepustnica, 12 – zawór recykulacji spalin, 13 – czujnik spalania stukowego, 14 – czujnik prędkości obrotowej, 15 – czujnik temperatury silnika, 16 – sonda lambda, 17 – elektroniczne urządzenie sterujące, 18 – złącze diagnostyczne, 19 – lampka kontrolna, 20 – immobilizer, 21 – czujnik ciśnienia paliwa, 22 – elektryczna pompa paliwa, 23 – moduł pedału gazu, 24 – akumulator.

wyprzedzenia zapłonu, zgodnie z systemem wprowadzonym do pamięci urządzenia. Na rys. 7.8 pokazano porównanie charakterystyki ogólnej kąta wyprzedzenia zapłonu określonej dla mechanicznego sterowania oraz charakterystyki dla sterowania metodą elektroniczną.

Głównymi funkcjami sytemu wtrysko-zapłonowego Bosch jest zarządzanie wtryskiem i zapłonem oraz sterowanie załączaniem urządzeń mających wpływ na pracę silnika. Elektroniczne urządzenie ustala czas wtrysku na podstawie:

- parametrów rzeczywistych otrzymanych z czujników systemu,
- procedur zapisanych w pamięci ROM EUS,
- danych odniesienia zapisanych w pamięci EPROM.

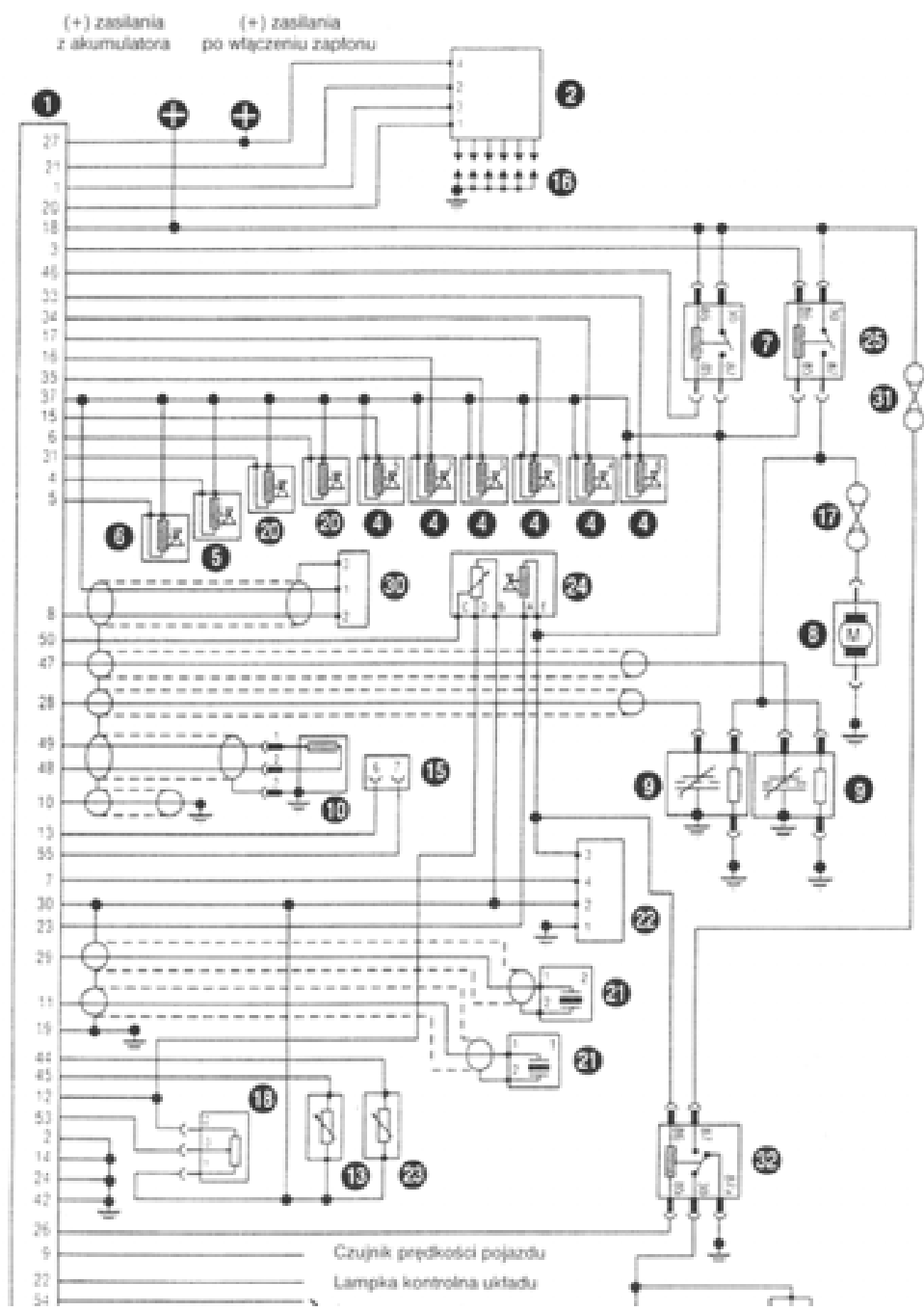
Przyjmując charakterystyki fizyczne paliwa (lepkość i gęstość) oraz różnicę pomiędzy ciśnieniem paliwa a ciśnieniem w kanałach dolotowych za stałe – ilość wtryskiwanego paliwa zależy tylko i wyłącznie od czasu otwarcia wtryskiwacza.

Dlatego w układzie zasilania paliwowego musi być stosowany regulator ciśnienia paliwa sterowany podciśnieniem kolektora ssącego.

System wtryskowo – zapłonowy realizuje następujące podstawowe funkcje:

- dobiera czasy wtrysku,
- dobiera wyprzedzenie zapłonu,
- steruje rozruchem zimnego silnika,
- steruje wzbogacaniem mieszanki w czasie przyspieszania,
- odcina paliwo w czasie hamowania,
- zarządza biegiem jałowym silnika,
- ogranicza prędkość obrotową silnika,
- kontroluje spalanie – czujnik Lambda,
- steruje oparami paliwa,
- uwzględnia detonacje,
- kontroluje sterowanie klimatyzacją,
- przeprowadza autoadaptację,
- steruje blokowaniem silnika,
- realizuje samo diagnozę.

Na rys. 7.10 przedstawiono schemat elektryczny układu Motronic M2.8, a w tab. 7.2 zamieszczono kody błędów układu Motronic 6.0/6.1.



Rys. 7.10. Schemat elektryczny układu Bosch Motronic M 2.8 [4].

Tabela 7.2. Kody błędów dla układu Bosch Motronic 6.0/6.1

Kod błyskowy / kod czynnika	Opis
1	W pamięci nie ma żadnych kodów. Wykonać zwykłe czynności sprawdzające.
2	Czujnik temperatury płynu chłodzącego lub jego obwód.
3	Czujnik temperatury powietrza lub jego obwód.
4	Czujnik ciśnienia bezwzględnego lub jego obwód.
5	Czujnik położenia przepustnicy (wyłącznik) lub jego obwód.
6	Czujnik położenia przepustnicy (potencjometr) lub jego obwód.
7	Czujnik położenia przepustnicy (potencjometr) lub jego obwód.
8	Zawór regulacyjny prędkości obrotowej biegu jałowego lub jego obwód.
9	Sonda lambda lub jej obwód.
11	Sonda lambda lub jej obwód.
13	Sonda lambda lub jej obwód.
14	Wtryskiwacze 1. i 4.
15	Wtryskiwacze 2. i 3.
20	Sonda lambda lub jej obwód.
21	Obwód pierwotny układu zapłonu, 1. i 4. cylinder.
22	Obwód pierwotny układu zapłonu, 2. i 3. cylinder.
24	Sygnał prędkości silnika lub obwód.
26	Kodowanie liczby oktanowej lub obwód.
27	Sygnał prędkości silnika lub obwód.
28	Czujnik prędkości pojazdu lub jego obwód.
29	Zawór regulacyjny powietrza wlotowego lub jego obwód, przekaźnik ogrzewania wstępnego lub obwód
30	Obwód pompy paliwa.
31	Potencjometr CO lub jego obwód.
36	Zawór elektromagnetyczny filtra z węglem aktywnym lub jego obwód.
37	Automatyczna skrzynia biegów.
49	Elektroniczne urządzenie sterujące.

8. UKŁADY WTRYSKU MONO-JETRONIC I MONO-MOTRONIC FIRMY BOSCH

Układ Bosch Mono-Jetronic (rys. 8.1), jest to układ wtryskowy jednopunktowy, niskociśnieniowy, sterowany elektronicznie. Został opracowany z przeznaczeniem do 4-cylindrowych silników o pojemności do 1,8 dm³.

Zespół wtryskowy z wtryskiwaczem elektromagnetycznym przed przepustnicą w kolektorze dolotowym silnika stanowi istotny element układu Bosch Mono-Jetronic.

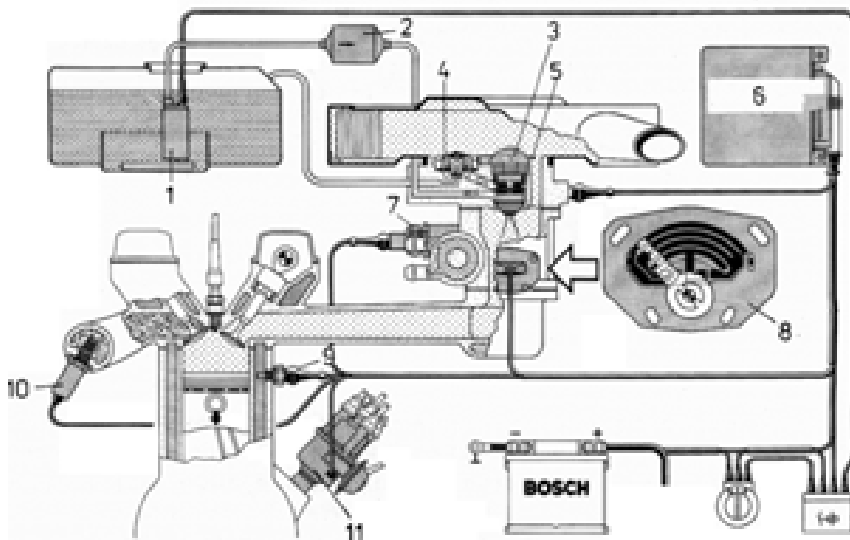
Wtrysnięte paliwo jest rozdzielane do poszczególnych cylindrów przez kolektor dolotowy.

W celu optymalnego doboru składu mieszanki palnej we wszystkich warunkach

pracy silnika zastosowano różne czujniki informujące o istotnych wielkościach określających stan pracy silnika. Sygnały z czujników są przekazywane do elektronicznego urządzenia sterującego, które po ich przetworzeniu wysyła odpowiednie impulsy sterujące do różnych członów wykonawczych układu (rys. 8.2).

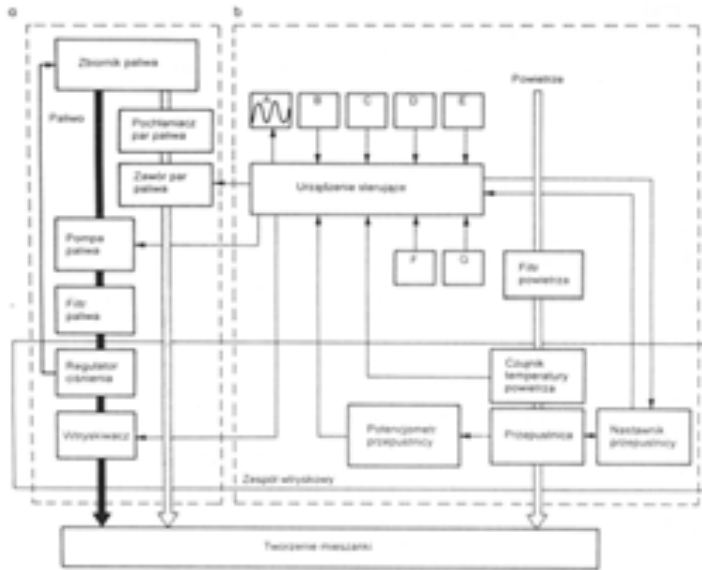
Układ Bosch Mono-Jetronic ma do spełnienia następujące zadania:

- zasilanie paliwem;
- gromadzenie bieżących informacji o warunkach pracy silnika;
- przetwarzanie ww. informacji



Rys. 8.1. Schemat budowy układu wtryskowego Bosch Mono-Jetronic, sterowanego według funkcji α/n z samo adaptacją [5]

1 – elektryczna pompa paliwa, 2 – filtr paliwa, 3 – wtryskiwacz, 4 – regulator ciśnienia paliwa, 5 – czujnik temperatury powietrza zasysanego, 6 – elektroniczne urządzenie sterujące, 7 – regulator temperatury, 8 – czujnik położenia przepustnicy, 9 – czujnik temperatury silnika, 10 – sonda lambda, 11 – rozdzielacz zapłonu

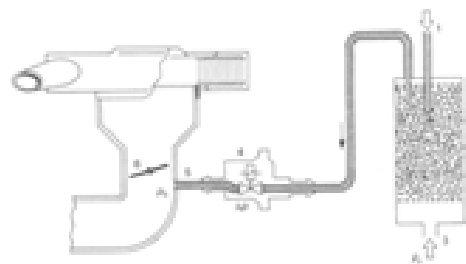


Rys. 8.2. Schemat działania układu Bosch Mono-Jetronic [5]
 a – zasilanie paliwem, b – gromadzenie danych o warunkach pracy silnika i ich przetwarzanie, A – diagnostyka, B – napięcie instalacji elektrycznej, C – czujnik temperatury silnika, D – sonda lambda, E – prędkość obrotowa, F – klimatyzator, G – automatyczna skrzynia przekładniowa

Paliwo pobierane ze zbiornika jest tłoczone w sposób ciągły elektryczną pompą poprzez filtr do zespołu wtryskiwacza.

Węgiel aktywny ma zdolność absorpcji par paliwa, które należy jednak z pochłaniacza w jakiś sposób odprowadzić. Aby to umożliwić, do pochłaniacza doprowadza się świeże powietrze z otoczenia, które pod wpływem podciśnienia w kolektorze dolotowym silnika porywa paliwo z pochłaniacza, doprowadzając je do kolektora dolotowego. Powietrze z zawartością paliwa zostaje doprowadzone do cylindrów i podlega procesowi spalania (rys. 8.3).

Elektroniczne urządzenie sterujące wysyła odpowiednie impulsy do zaworu regulacyjnego par paliwa w celu dokładnego sterowania wielkością powietrza zmieszanego z parami paliwa.



Rys. 8.3. Schemat układu odprowadzania par paliwa [5]

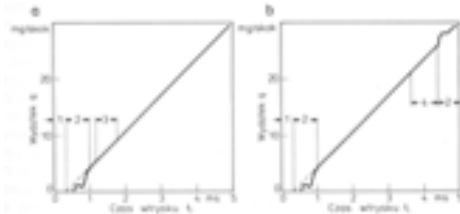
1 – przewód doprowadzający pary paliwa ze zbiornika paliwa do pojemnika z węglem aktywnym, 2 – pojemnik z węglem aktywnym (pochłaniacz par paliwa), 3 – dopływ powietrza z otoczenia, 4 – zawór regulacyjny przepływu par paliwa („regeneracyjny”), 5 – dopływ do kolektora dolotowego silnika, 6 – przepustnica p_s – ciśnienie w przewodzie dolotowym, p_u – ciśnienie otoczenia, Δp – różnica między ciśnieniem otoczenia a ciśnieniem w kolektorze dolotowym

Równomierny rozdział mieszanki palnej do poszczególnych cylindrów stanowi istotny warunek dobrego spalania i uzyskania możliwie małej zawartości szkodliwych składników w spalinach.

Z tego względu poszczególne punkty pracy silnika w polu charakterystyki wielkości λ muszą odpowiadać obszarowi pracy wtryskiwacza, gdzie istnieje zależność liniowa wydatku i czasu wtrysku (rys. 8.4).

Urządzenie sterujące układu Bosch Mono-Jetronic jest połączone za pośrednictwem złącza 25-stykowego ze wszystkimi elementami układu oraz z instalacją elektryczną samochodu (rys. 8.6).

Urządzenie sterujące jest połączone stale za pośrednictwem złącza stykowego z dodatnim biegunem akumulatora (zacisk 30). Dzięki stałemu zasilaniu napięciem utrzymywana jest zawartość pamięci obejmująca między innymi informacje diagnostyczne (zapamiętane błędy) oraz zapamiętane wartości adaptacyjne także przez



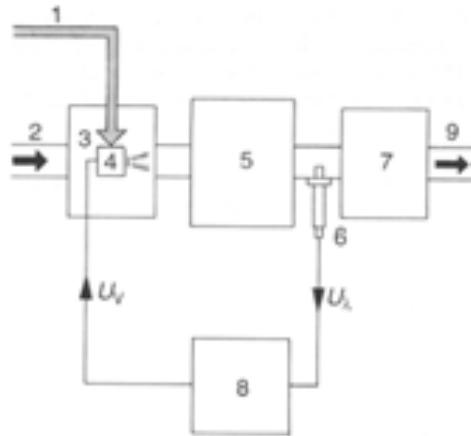
Rys. 8.4. Przebieg charakterystyki wydatku wtryskiwacza w funkcji czasu wtrysku [5]

a – dla prędkości obrotowej 900 obr/min (odpowiada częstotliwości impulsów wtryskowych co 33 ms), b – dla prędkości obrotowej 6000 obr/min (odpowiada częstotliwości impulsów wtryskowych co 5 ms) 1 – zwłoka wywołana spadkiem napięcia, 2 – zakres charakterystyki nieliniowej, 3 – zakres czasu wtrysku odpowiadający pracy na biegu jałowym lub przy zerowym obciążeniu, 4 – zakres czasu wtrysku przy pełnym obciążeniu

okresy unieruchomienia silnika. Po włączeniu zapłonu następuje połączenie druciego obwodu elektrycznego zasilania urządzenia sterującego.

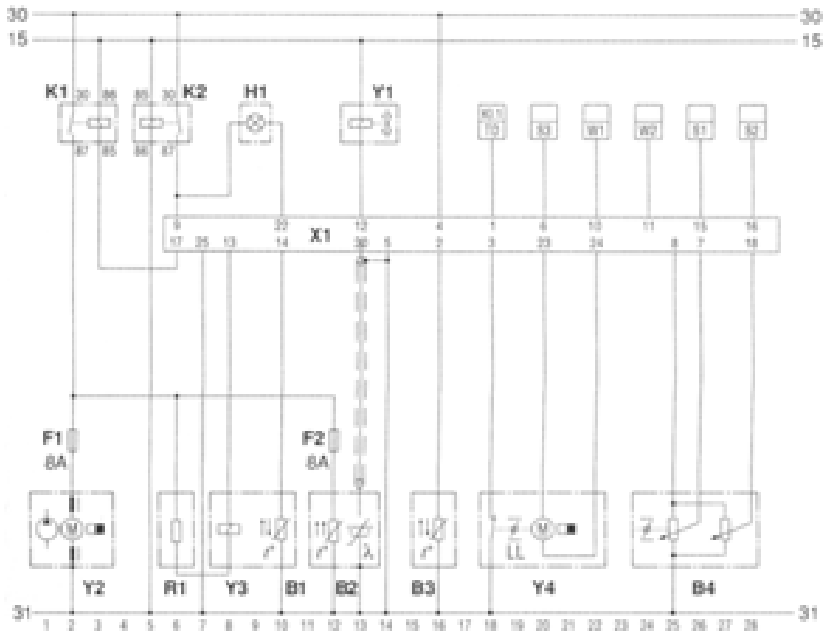
Sonda lambda znajdująca się w strumieniu spalin wysyła nieprzerwanie informację o bieżącej wartości współczynnika nadmiaru powietrza λ na podstawie której urządzenie sterujące dokonuje regulacji składu mieszanki do stałej wartości $\lambda=1$. Regulacja wielkości λ nakłada się na podstawowy system sterowania składem mieszanki wg pola charakterystyki λ (rys. 8.5).

Układ wtryskowy Bosch Mono-Motronic. Wprowadzając do pamięci elektronicznego urządzenia sterującego układu Mono-Jetronic charakterystykę ogólną kąta wyprzedzenia zapłonu elektronicznego w postaci mapy cyfrowej, firma Bosch w końcu roku 1990 wypuściła na rynek układ wtryskowy zintegrowany z układem zapłonowym pod nazwą



Rys. 8.5. Schemat obwodu regulacji współczynnika λ z udziałem sondy lambda [5]

1 – paliwo, 2 – powietrze, 3 – zespół wtryskowy, 4 – wtryskiwacz, 5 – silnik, 6 – sonda lambda, 7 – katalizator, 8 – urządzenie sterujące z układem regulacji λ , 9 – spaliny, U_λ – napięcie sondy lambda, U_v – impuls sterujący do wtryskiwacza



Rys. 8.6. Schemat połączeń elektrycznych układu wtryskowego Bosch Mono-Jetronic [5]

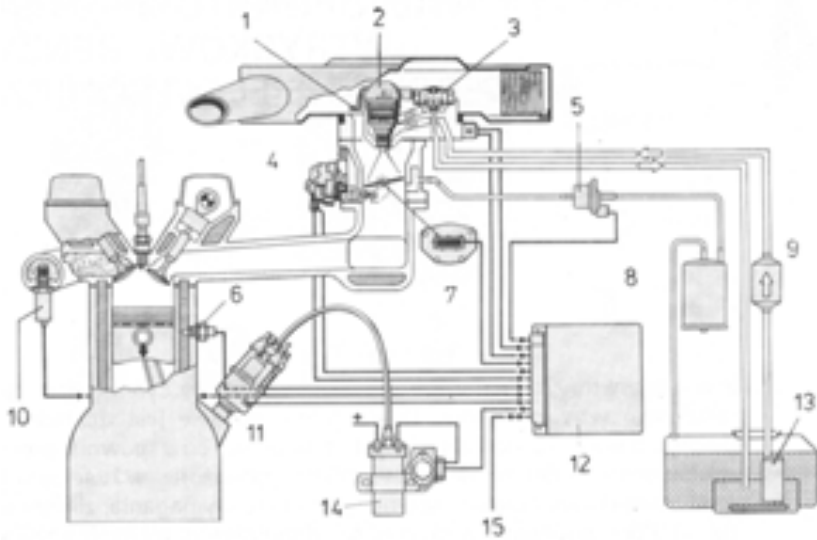
B1 – czujnik temperatury powietrza, B2 – ogrzewana sonda lambda, B3 – czujnik temperatury silnika, B4 – potencjometr przepustnicy, F1, F2 – bezpieczniki, H1 – lampa diagnosty i wtyk diagnostyczny, K1 – przełącznik pompy paliwa, K2 – przełącznik główny, Kl. 1/TD – sygnał prędkości obrotowej, R1 – rezystor wejściowy, S1 – włączenie gotowości klimatyzatora, S2 – włączenie sprężarki klimatyzatora, S3 – położenie dźwigni automatycznej skrzynki przekładniowej, W1 – kodowanie t_v , W2 – kodowanie typu pompy, X1 – urządzenie sterujące, Y1 – zawór par paliwa, Y2 – pompa paliwa z napędem elektrycznym, Y3 – wtryskiwacz, Y4 – nastawnik przepustnicy z wyłącznikiem położenia biegu jałowego

Mono-Motronic. Urządzenie sterujące, dzięki procesorowi, oprócz danych dotyczących wtrysku przelicza także wymagane wartości kąta wyprzedzenia zapłonu i steruje wartością kąta zwarcia.

W układzie wtryskowym systemu Mono-Motronic (rys. 8.7) stosuje się jeden, umieszczony nad przepustnicą, wtryskiwacz sterowany elektromagnetycznie. Wielkość dawki paliwa jest sterowana poprzez regulację długości czasu wtrysku. W układzie Mono-Motronic informacje o bieżącej kącie otwarcia przepustnicy α oraz prędkości obrotowej n są przekazy-

wane do elektronicznego urządzenia sterującego, zawierającego w pamięci cyfrowej mapę charakterystyk czasów wtrysku w funkcji α/n .

Do dalszych funkcji układu Mono-Motronic należą: wzbogacanie mieszanki podczas rozruchu zimnego silnika, nagrzewania silnika oraz podczas przyspieszania, regulacja prędkości obrotowej biegu jałowego oraz odcinanie paliwa podczas hamowania silnikiem, regulacja λ , sterowanie przepływem par paliwa ze zbiornika paliwa, a także diagnostyka błędów. Dzięki obwodowi regulacji przepływu



Rys. 8.7. Schemat budowy układu Bosch Mono-Motronic [5]

1 – czujnik temperatury powietrza zasysanego, 2 – wtryskiwacz, 3 – regulator ciśnienia paliwa, 4 – nastawnik przepustnicy, 5 – zawór regulacyjny par paliwa, 6 – czujnik temperatury cieczy chłodzącej, 7 – czujnik położenia przepustnicy, 8 – pojemnik z węglem aktywnym, 9 – filtr paliwa, 10 – sonda lambda, 11 – rozdzielacz zapłonu, 12 – elektroniczne urządzenie sterujące, 13 – pompa paliwa napędzana elektrycznie, 14 – cewka zapłonowa z tranzystorem mocy, 15 – diagnoza

par paliwa zgromadzonego w pochłaniaczu z węglem aktywnym, paliwo odparowane w zbiorniku zostaje doprowadzone do silnika i spalone.

Zastosowanie systemu samo adaptacji układu Mono-Motronic (zdolności „uczenia” się) pozwala na niezawodne określenie i skompensowanie indywidualnych rozrzutów wykonawczych silni-

ka i zespołu wtryskowego oraz zmian wynikających z ich zużywania się. Dotyczy to również wpływu zmian gęstości powietrza, np. podczas jazdy na różnych wysokościach. Ciągła samo diagnoza pozwala na bieżące wykrywanie błędów działania czujników, elementów wykonawczych oraz uszkodzeń wiązki przewodów.

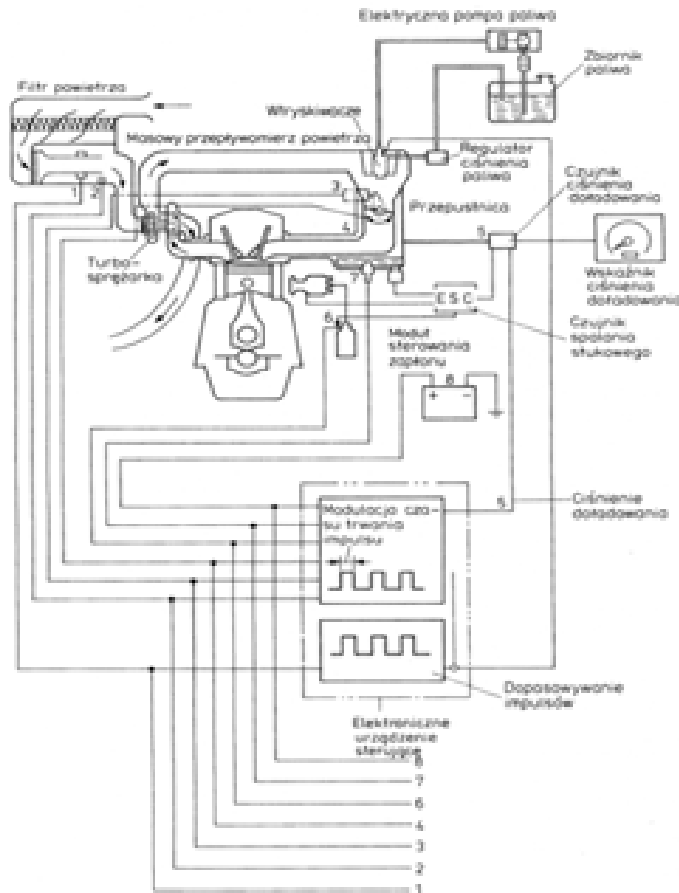
9. UKŁADY WTRYSKOWE BENZYNY INNYCH FIRM

W rozdziale tym zostaną przedstawione następujące układy wtryskowe benzyny firm japońskich i europejskich:

- Mitsubischi ECI,
- Digifant,
- Renix,
- Multec.

9.1. Wtrysk benzyny Mitsubishi ECI

Układ pośredniego wtrysku benzyny Mitsubishi ECI, w którym wykorzystano podstawowe, opatentowane rozwiązania



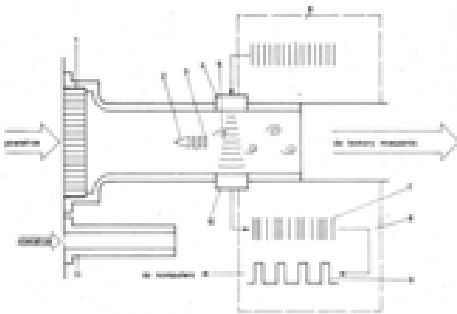
Rys. 9.1. Schemat układu Mitsubischi ECI [4]

1 – impulsy elektryczne odpowiadające częstotliwości zawirowań powietrza, 2 – temperatura zasysanego powietrza, 3 – wyłącznik biegu jałowego, 4 – uchylenie przepustnicy, 5 – ciśnienie doładowania, 6 – prędkość obrotowa silnika, 7 – temperatura cieczy chłodzącej, 8 – napięcie akumulatora

firmy Bosch, składa się z obwodu zasilania paliwem, obwodu dolotowego powietrza, elektronicznego urządzenia sterującego i urządzeń pomocniczych (rys. 9.1).

Paliwo jest tłoczone przez pompę łożatkową o napędzie elektrycznym. Zawór przelewowy pompy paliwa jest ustawiony na ciśnienie otwarcia 450 do 600 kPa. Paliwo jest wtryskiwane na przemian przez dwa wtryskiwacze do komory mieszania układu ECI. Dawka paliwa doprowadzona do silnika jest określona przez częstotliwość wtrysku i czas wtrysku. W tym celu elektroniczne urządzenie sterujące wysyła impulsy sterujące, które są kształtowane w zależności od zmierzonej masy powietrza i wartości korekcyjnych. W górnym zakresie mocy ilość doprowadzanego paliwa jest określana w większym stopniu przez prędkość obrotową silnika niż przez zmierzoną masę powietrza.

Masę zasysanego powietrza mierzy znajdujący się w filtrze powietrza prze-



Rys. 9.2. Masowy przepływomierz powietrza pracujący na zasadzie wirów powietrznych Karmana (Mitsubishi) [4]

1 – prostownica strumienia, 2 – słupka pryzmatyczna wytwarzająca wiry powietrza, 3 – płyty do stabilizacji wirów, 4 – nadajnik, 5 – wir powietrzny, 6 – generator fal ultradźwiękowych, 7 – modulowane fale ultradźwiękowe, 8 – wzmacniacz, 9 – fale ultradźwiękowe przekształcone na impulsy elektryczne, 10 – odbiornik, 11 – kanał obejściowy

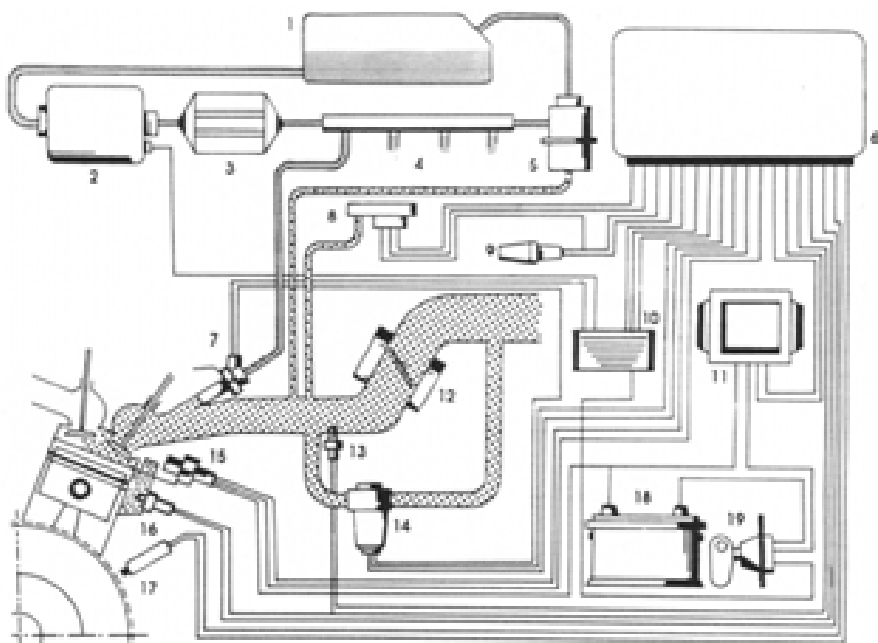
pływomierz (rys. 9.2) wyposażony w przewód obejściowy do regulacji natężenia przepływu. Dawki paliwa są doprowadzane przez dwa wtryskiwacze umieszczone nad przepustnicą. Czas wtrysku jest korygowany na podstawie następujących dodatkowych sygnałów:

- temperatury zasysanego powietrza,
- położenia przepustnicy na biegu jałowym,
- ruchu przepustnicy,
- ciśnienia doładowania silnika,
- prędkości obrotowej silnika,
- temperatury cieczy chłodzącej,
- napięcia akumulatora.

Gdy silnik jest zimny, kąt otwarcia przepustnicy jest ograniczony. Zawartość CO w spalinach jest regulowana za pomocą rezystora nastawnego. Dwa wtryskiwacze są umieszczone we wspólnej obudowie. Zasilanie układu napięciem odbywa się przez przełącznik sterujący. Gdy zapłon jest włączony i silnik nie pracuje, jest wyłączane zasilanie pompy paliwa.

9.2. Układ wtryskowy Renix

Renix jest to elektronicznie sterowany układ wtryskowy, dzięki któremu jest możliwe wtryskiwanie paliwa do kolektora dolotowego w równych odstępach czasu (rys.9.3). Sygnał o zapotrzebowaniu na paliwo, uzależniony od ilości zasysanego powietrza, zostaje przekazany do centralnego urządzenia sterującego w postaci impulsu przekazanego przez odpowiedni czujnik (czujnik ciśnienia bezwzględnego), połączony z kolektorem dolotowym i dokładnie mierzący w jego wnętrzu ciśnienie. Pozostałe czujniki połączone z centralnym urządzeniem sterującym przekazują sygnały dotyczące



Rys. 9.3. Schemat układu Renix [17].

1 – zbiornik paliwa, 2 – elektryczna pompa paliwa, 3 – filtr paliwa, 4 – kolektor wtryskiwaczy, 5 – regulator ciśnienia paliwa, 6 – centralne urządzenie sterujące, 7 – wtryskiwacz, 8 – czujnik ciśnienia bezwzględnego, 9 – potencjometr regulacji stężenia CO, 10 – przełącznik główny, 11 – moduł mocy, 12 – czujnik położenia przepustnicy, 13 – czujnik temperatury powietrza, 14 – regulator prędkości obrotowej biegu jałowego, 15 – czujnik spalania stukowego, 16 – czujnik temperatury silnika, 17 – czujnik prędkości obrotowej i położenia wału korbowego, 18 – akumulator, 19 – wyłącznik zapłonu

temperatury silnika, temperatury powietrza i położenia przepustnicy.

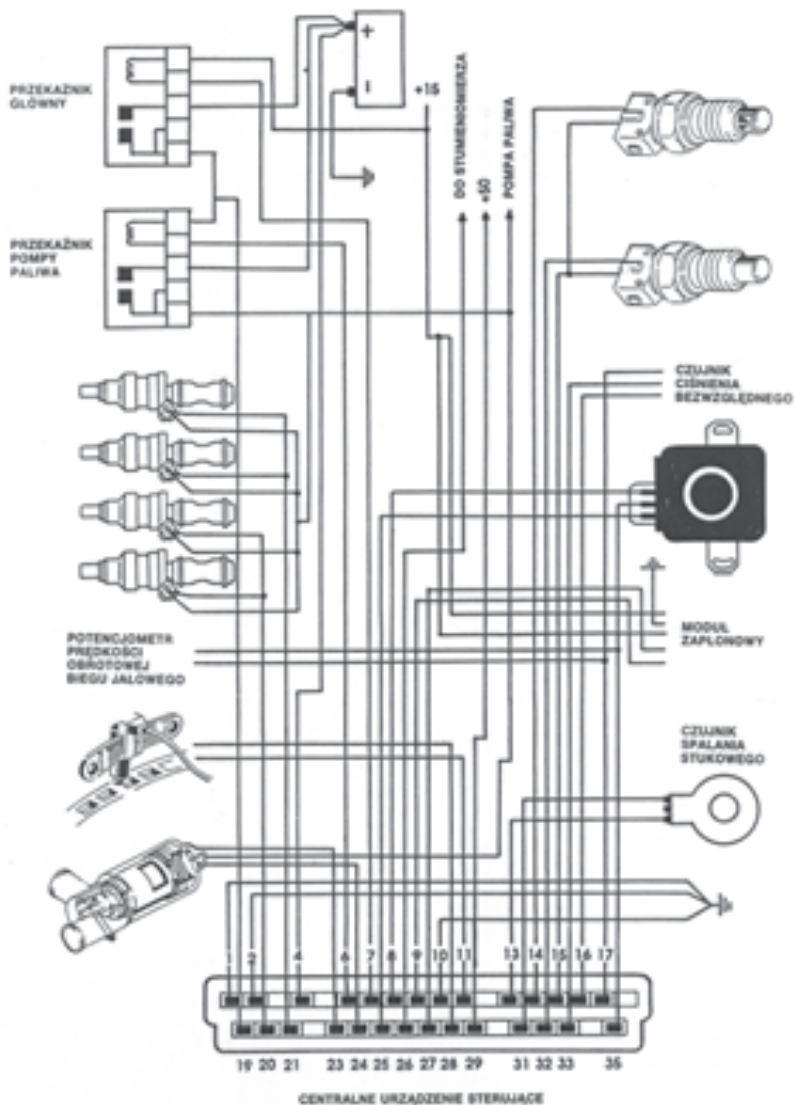
Centralne urządzenie sterujące kontroluje parametry względne zasilania: ilość paliwa dostarczanego do każdego cylindra w jednym cyklu oraz w czasie uruchamiania silnika (rys. 9.4). W celu określenia poszczególnych parametrów do urządzenia są dostarczane następujące informacje:

- 1) bezwzględna wartość ciśnienia w kolektorze dolotowym (czujnik ciśnienia bezwzględnego).
- 2) temperatura zasysanego przez silnik powietrza (czujnik temperatury powietrza).
- 3) temperatura silnika (czujnik temperatury silnika),

- 4) prędkość obrotowa silnika i położenie wału korbowego w odniesieniu do górnego zwrotnego położenia,
- 5) położenie przepustnicy (czujnik położenia przepustnicy).

9.3. Digifant

Jest to elektronicznie sterowany układ wtryskowy i zapłonowy, zrealizowany w technice cyfrowej (rys. 9.5). Paliwo jest wtryskiwane w sposób przerywany do kolektora dolotowego. Zapłon jest kontrolowany przez charakterystyki wprowadzone do pamięci centralnego urządzenia

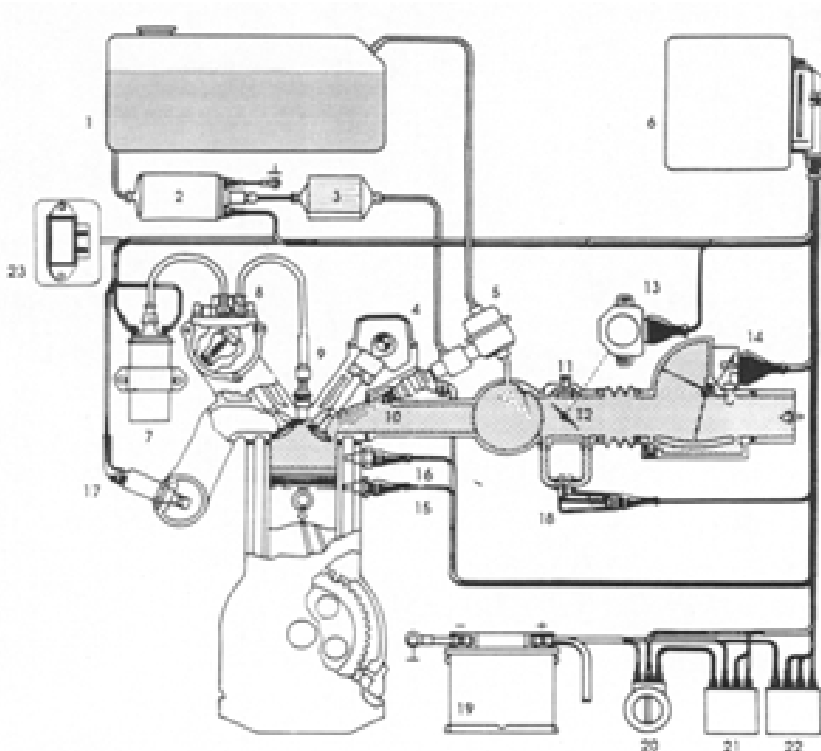


Rys. 9.4. Schemat połączeń elektrycznych układu Renix [17].

sterującego. Sygnał o zapotrzebowaniu na paliwo, uzależniony od ilości zasysanego powietrza, zostaje przekazany do centralnego urządzenia sterującego w postaci sygnału elektrycznego pochodzącego od przepływomierza powietrza.

Centralne urządzenie sterujące wysyła sygnały do wtryskiwaczy i cewki za-

płonowej w celu zmiany kąta wyprzedzenia zapłonu. W ten sposób zapewnia optymalny punkt, w którym następuje wtrysk paliwa i zapłon. Stopień szkodliwości gazów spalinowych jest znacznie ograniczony również dzięki sondzie lambda, która zapewnia stałą kontrolę optymalnego stosunku paliwa do powietrza.



Rys. 9.5. Schemat układu Digifant [17]

1 – zbiornik paliwa, 2 – elektryczna pompa paliwa, 3 – filtr paliwa, 4 – rozdzielacz paliwa, 5 – regulator ciśnienia paliwa, 6 – centralne urządzenie sterujące, 7 – cewka zapłonowa, 8 – rozdzielacz zapłonu z czujnikiem Halla, 9 – świeca zapłonowa, 10 – wtryskiwacz, 11 – wkret regulacji prędkości obrotowej biegu jałowego, 12 – przepustnica „gazu”, 13 – czujnik położenia przepustnicy, 14 – przepływomierz powietrza, 15 – czujnik temperatury silnika, 16 – czujnik spalania stukowego, 17 – sonda lambda, 18 – regulator biegu jałowego, 19 – akumulator, 20 – wyłącznik zapłonu, 21 – przekaźnik pompy paliwa, 22 – przekaźnik główny, 23 – moduł mocy

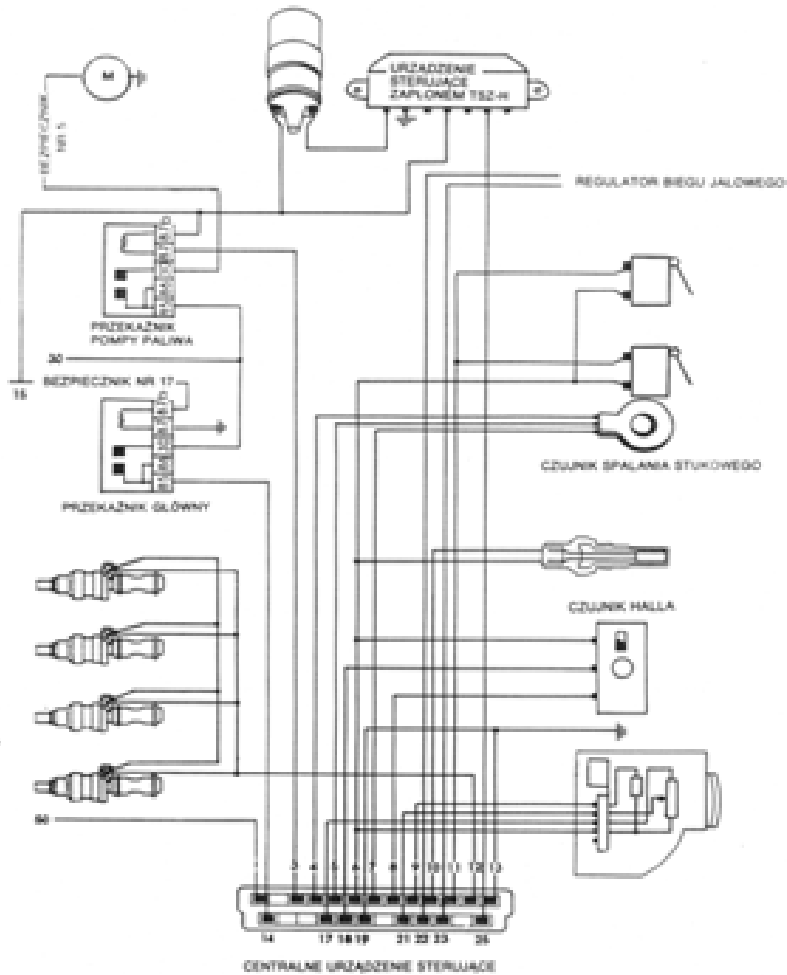
Wewnątrz centralnego urządzenia sterującego znajdują się obwody scalone mające podstawowe znaczenie dla prawidłowej pracy systemu w sytuacjach awaryjnych.

W przypadku uszkodzenia jednego z czujników centralne urządzenie sterujące automatycznie się przystosowuje do działania w warunkach awaryjnych, aby silnik mógł pracować, nawet jeśli będzie to praca nieregularna, aż do chwili dokonania niezbędnej naprawy.

Jedynie w przypadku awarii czujnika Halla silnik zostaje unieruchomiony, ponieważ centralne urządzenie sterujące przestaje otrzymywać sygnał informujący o wartości prędkości obrotowej. Schemat połączeń elektrycznych przedstawia rys. 9.6.

9.4. Wtrysk benzyny GM Multec

W jednopunktowym układzie wtrysku benzyny paliwo jest doprowadzane do silnika tylko przez jeden centralnie umiesz-



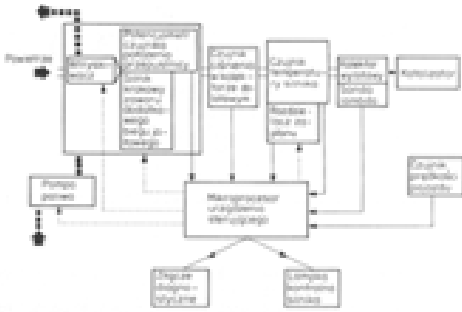
Rys. 9.6. Schemat połączeń elektrycznych układu Digifant [18]

czony wtryskiwacz, który znajduje się na kolektorze dolotowym nad przepustnicą, w tzw. zespole wtryskowym, w miejscu zajmowanym tradycyjnie w silnikach benzynowych przez gaźnik.

Jednopunktowy układ wtryskowy GM Multec, opracowany przez firmę General Motors, jest sterowany elektronicznie za pomocą cyfrowego urządzenia sterującego, które oprócz czasu wtrysku steruje także chwilą wtrysku, napełnieniem silnika podczas biegu jałowego

i odcinaniem paliwa podczas hamowania silnikiem (rys 9.7).

Zespół wtryskowy (rys. 9.8), składający się z pokrywy i obudowy przepustnicy, jest umieszczony w środkowej części kolektora dolotowego. Paliwo jest wtryskiwane strumieniem w kształcie stożka nad przepustnicę pod stałym ciśnieniem 76 kPa, utrzymywanym przez regulator ciśnienia paliwa. Prędkość obrotowa biegu jałowego jest regulowana przez zawór powietrza dodatkowego, który zmienia



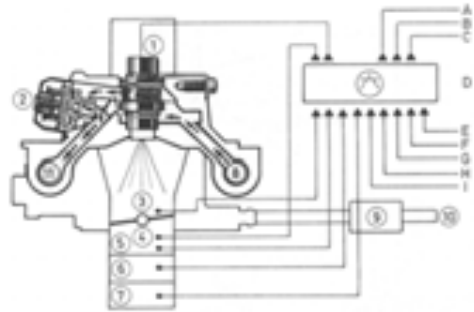
Rys. 9.7. Schemat blokowy układu wtryskowego GM Multec [4]

przekrój otworu kanału bocznikowego przepustnicy.

W pamięci elektronicznego urządzenia sterującego są zaprogramowane charakterystyki kąta wyprzedzenia zapłonu i dawki paliwa. Elektroniczne urządzenie sterujące jest wyposażone w układ samo diagnostyki i zapamiętuje wykryte błędy w postaci kodów usterek przechowywanych w pamięci diagnostycznej. Schemat przepływu informacji w układzie przedstawia rys. 9.8. Obliczanie czasu wtrysku, określanie kąta wyprzedzenia zapłonu i położenia zaworu w kanale bocznikowym przepustnicy odbywa się na podstawie następujących informacji:

- stężenia tlenu w spalinach (sonda lambda),
- podciśnienia w kolektorze dolotowym (przepona),
- położenia przepustnicy (czujnik położenia)
- temperatury cieczy chłodzącej (czujnik o ujemnym współczynniku temperaturowym rezystancji),
- prędkości obrotowej silnika (czujnik indukcyjny w rozdzielaczu zapłonu).

Po włączeniu zapłonu zaczyna pracować pompa paliwa. Jeśli silnik nie zostanie uruchomiony, pompa wyłącza się po

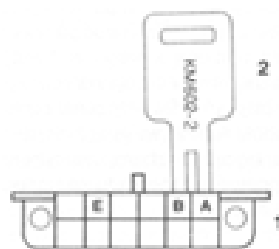


Rys. 9.8. Budowa zespołu wtryskowego i schemat przepływu informacji w układzie Opel-Multec współpracującym z sondą lambda i katalizatorem trzyfunkcyjnym [4]

1 – wtryskiwacz, 2 – regulator ciśnienia paliwa, 3 – potencjometr przepustnicy, 4 – silnik krokowy napędzający regulator biegu jałowego, 5 – czujnik ciśnienia w kolektorze dolotowym 6 – czujnik temperatury układu chłodzenia, 7 – sonda lambda, 8 – doprowadzenie paliwa, 9 – układ prowadzenia par paliwa, 10 – odpowietrzenie zbiornika paliwa, 11 – powrót paliwa do zbiornika A – zasilanie paliwem, B – lampka kontrolna, C – rozdzielacz zapłonu, D – urządzenie sterujące, E – wyłącznik zapłonu, F – rozdzielacz zapłonu, G – biegun dodatni akumulatora, H – częstotliwościowy czujnik przebytej drogi, I – położenie dźwigni automatycznej skrzynki przekładniowej (Park – Neutral)

około 2 sekundach. Obwód elektryczny pompy paliwa zawiera czujnik ciśnienia oleju. Podczas pracy silnika zestyk czujnika jest zamknięty i paliwo jest tłoczzone. Elektroniczne urządzenie sterujące jednopunktowego układu wtryskowego GM Multec wyposażono w program pracy awaryjnej. Po wykryciu usterki przechodzi ono do trybu pracy awaryjnej, w którym zamiast wartości sygnałów uszkodzonego czujnika wykorzystuje stałe wartości zastępcze zawarte w pamięci urządzenia sterującego.

Układ wtryskowy jest wyposażony w samo diagnostykę polegającą na nadzorowaniu układu łącznie z urządzeniami zewnętrznymi w sposób umożliwiający wykrycie błędów, ich zapamiętanie, sygnalizowanie wystąpienia usterki świeceniem lampki kontrolnej silnika, umożliwienie odczytania rodzaju usterki po uaktywnieniu kluczem diagnostycznym (rys. 9.9) migowego trybu pracy lampki kontrolnej oraz odczytanie kodów usterek za pomocą odpowiednich testerów diagnostycznych. Kody usterek zostały zamieszczone w tabeli 9.1.



Rys. 9.9. Sposób zwierania styków złącza diagnostycznego w celu ujawnienia kodów usterek [4]

1 – złącze diagnostyczne ALDL (obok urządzenia sterującego), 2 – klucz diagnostyczny Opel KM 602-2, A – masa, B – styk wzbudzenia sygnału diagnostycznego, E – styk lampki kontrolnej silnika

Tabela 9.1. Kody usterek wraz z opisem układu Multec

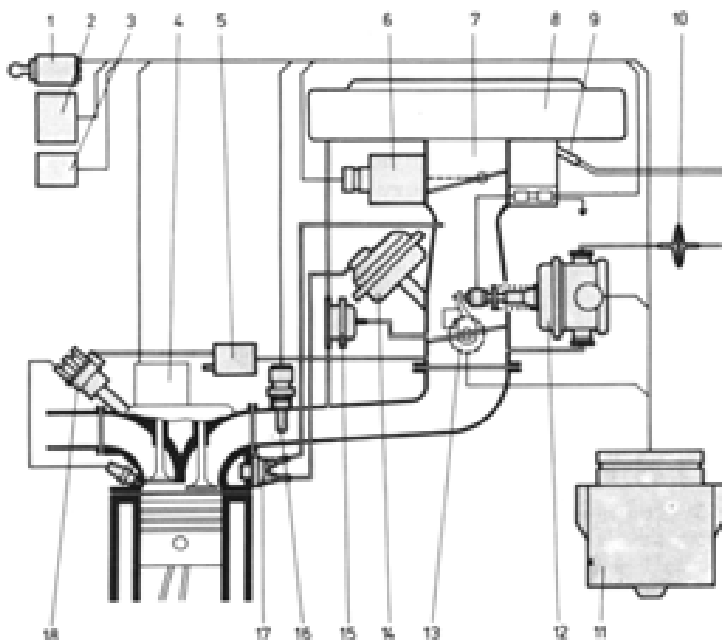
Kod usterki	Źródło informacji	Przyczyna usterki
13	Sonda lambda	Brak zmiany napięcia
14	Czujnik temperatury cieczy chłodzącej	Za niskie napięcie
15	Czujnik temperatury cieczy chłodzącej	Za wysokie napięcie
21	Czujnik położenia przepustnicy	Za wysokie napięcie
22	Czujnik położenia przepustnicy	Za niskie napięcie
24	Czujnik impulsowy przebytej drogi	Brak impulsów
33	Czujnik ciśnienia w kolektorze dolotowym	Za wysokie napięcie
34	Czujnik ciśnienia w kolektorze dolotowym	Za niskie napięcie
35	Regulator biegu jałowego	Brak lub zła regulacja prędkości obrotowej biegu jałowego
42	Elektroniczny układ zapłonowy	Brak impulsów układu zapłonowego
44	Sonda lambda	Zbyt uboga mieszanka paliwa z powietrzem
45	Sonda lambda	Za bogata mieszanka paliwa z powietrzem
51	Pamięć programowalna urządzenia sterującego	Wadliwe działanie pamięci programowalnej (EPROM)

10. GAŹNIK ELEKTRONICZNY

W gaźniku elektronicznym opracowano takie rozwiązania, aby tradycyjny gaźnik mógł współpracować z elektronicznym układem sterującym. Tym samym uzyskano to, że zjawiska fizyczne mogą być przekształcone na sygnały elektryczne. To umożliwiło m.in. współpracę z sondą lambda i ekologiczne spalanie mieszanki. Jednym z takich rozwiązań jest układ gaźnikowy **Ecotronic** – rys. 10.1.

Pod względem elektrycznym w odróżnieniu od systemów wtrysku benzyny, wy-

stępują dwa nowe podzespoły. Jest to nastawnik przesłony wstępnej, który ustawia ją w pozycji zamknięcia podczas rozruchu oraz nastawnik przepustnicy, który reguluje jej położenie za pomocą elektrozaworu do podciśnienia lub elektrozaworu do otoczenia. Integralną częścią jest potencjometr, który określa położenie trzpienia regulacyjnego. Pozostałe podzespoły, takie jak czujniki temperatury, sonda lambda czy potencjometr przepustnicy, nie różnią się od podzespołów systemu wtrysku benzyny



Rys. 10.1 Schemat układu Ecotronic i jego główne elementy [3]

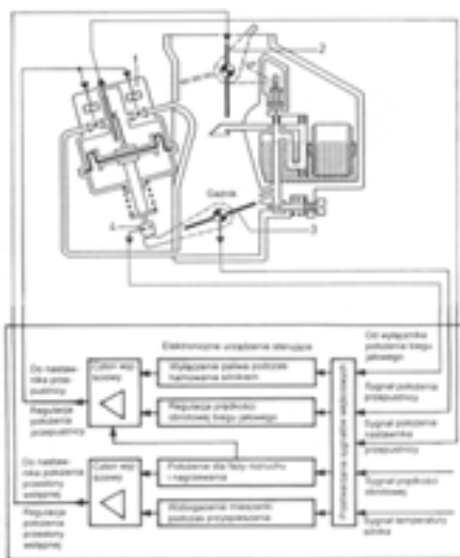
1 – wyłącznik zapłonu (zacisk 15), 2 – przekaźnik główny (zasilanie), 3 – wskaźnik zużycia paliwa, 4 – indukcyjny czujnik prędkości obrotowej (impulsy od zapłonu), 5 – zawór elektromagnetyczny (przestawianie kąta wyprzedzenia zapłonu na biegu jałowym), 6 – nastawnik przesłony wstępnej, 7 – gaźnik, 8 – filtr powietrza, 9 – króciec dopływu paliwa, 10 – filtr, 11 – elektroniczne urządzenie sterujące, 12 – nastawnik przepustnicy, 13 – potencjometr przepustnicy, 14 – siłownik przepustnicy II przelotu, 15 – pneumatyczny zawór odcinania paliwa (podczas hamowania silnikiem), 16 – czujnik temperatury, 17 – termozawór dławiący, 18 – rozdzielacz zapłonu

Układ spełnia następujące podstawowe funkcje (rys. 10.2):

- regulacja prędkości obrotowej biegu jałowego,
- sterowanie charakterystyką pola pracy silnika,
- dobór składu mieszanki przy rozruchu i w fazie nagrzewania,
- wzbogacenie mieszanki podczas przyspieszania,
- odcinanie paliwa podczas hamowania silnikiem,
- odcinanie paliwa przy zatrzymaniu silnika,
- sterowanie ogrzewania kolektora dolotowego,
- dostosowanie składu mieszanki do mapy charakterystyki kąta wyprzedzenia zapłonu,
- samo diagnostyka usterek, recyrkulacja spalin.

Konieczność korygowania podstawowej charakterystyki gaźnika dla ustalonych stanów pracy nagrzanego silnika wynika z braku układów dodatkowych sterowanych podciśnieniem. Odbywa się to przez sterowanie wstępnej przesłony gaźnika dla dokładnie określonych punktów ustalonej pracy silnika i uzyskanie w ten sposób poprawnego składu mieszanki dla każdego z punktów (rys. 10.3).

Skład mieszanki paliwowej oraz współczynnik napełnienia silnika przy rozruchu i w fazie nagrzewania muszą być każdorazowo dopasowane do chwilowych warunków pracy. W tym celu podczas rozruchu nastawnik przepustnicy otwiera ją całkowicie, podczas gdy położenie przesłony wstępnej jest sterowane w zależności od przebiegu procesu rozruchu. Po wytworzeniu wystarczającego podciśnienia w przewodzie dolotowym, przepustnica zostaje ustawiona w położeniu zależnym od temperatury.



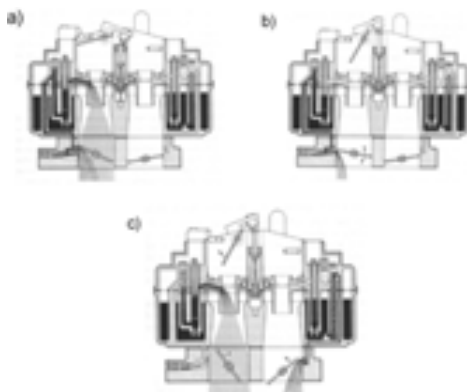
Rys. 10.2. Schemat działania i podstawowe funkcje układu gaźnikowego Eco-tronic [5]

1 – nastawnik przepustnicy, 2 – przesłona wstępna, 3 – przepustnica, 4 – wyłącznik położenia biegu

Po osiągnięciu wymaganej prędkości obrotowej zostaje uruchomione sterowanie nastawnika przepustnicy dla regulacji prędkości obrotowej biegu jałowego. Zmniejszenie wzbogacenia mieszanki przy podwyższonej prędkości biegu jałowego, jak również pierwszej fazy nagrzewania silnika w ruchu, jest sterowane w funkcji temperatury oraz czasu, a następnie według wartości pola pracy w stanach ustalonych. Schemat elektryczny układu przedstawia rys. 10.4.

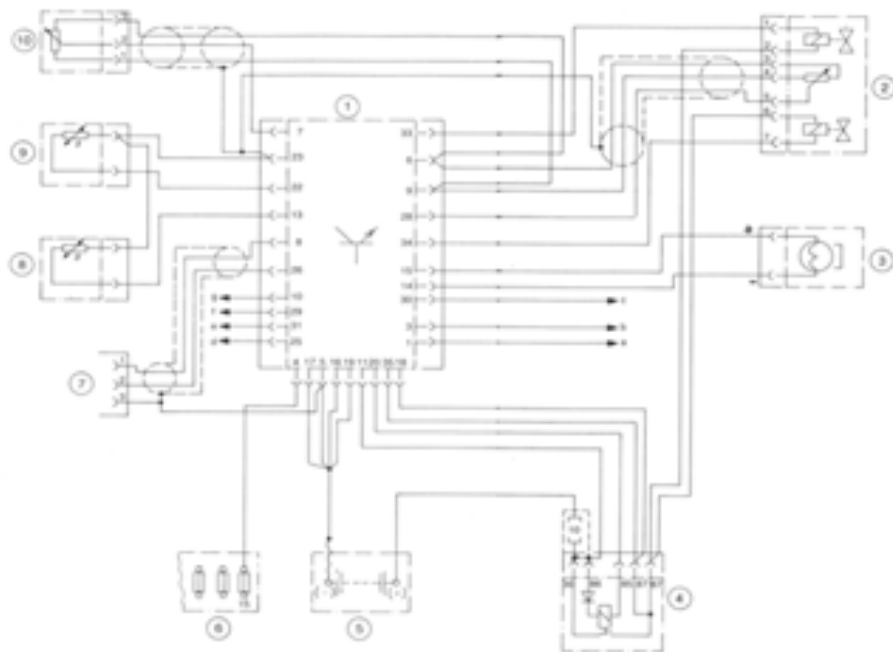
Czas otwierania przepustnicy wyzwała działanie funkcji wzbogacenia mieszanki podczas przyspieszania. Stopień wzbogacenia mieszanki jest funkcją temperatury przewodu dolotowego, prędkości obrotowej, kąta otwarcia przepustnicy oraz prędkości otwierania przepustnicy. Mieszankę wzbogaca się

krótkotrwałe przymykając przesłonę wstępną. Wzbogacenie to następnie maleje do wartości poprzedniej według przebiegu funkcji wykładniczej.



Rys. 10.3. Gaźnik 2 B-E [3]

a) podczas 1 fazy rozruchu, b) podczas biegu jałowego i nagrzaniu silnika do temperatury pracy, c) podczas pełnego obciążenia.

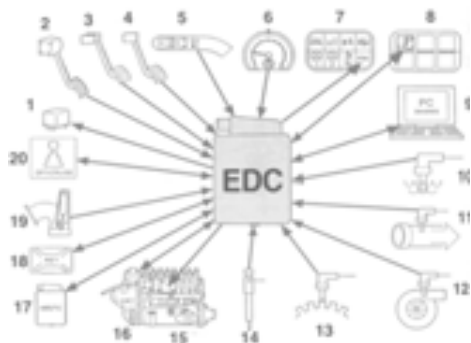


Rys. 10.4. Schemat połączeń elektrycznych układu Ecotronic — przykład z samochodu Opel Ascona [3]

1 – urządzenie sterujące, 2 – nastawnik przepustnicy, 3 – nastawnik przesłony wstępnej, 4 – przekaźnik zasilania układu Ecotronic, 5 – akumulator, 6 – skrzynka bezpieczników, 7 – indukcyjny czujnik impulsów prędkości obrotowej, 8 – czujnik temperatury cieczy chłodzącej, 9 – czujnik temperatury kolektora dolotowego, 10 – potencjometr przepustnicy; a – do cewki zapłonowej (zacisk 1), b – do przekaźnika podgrzewania kolektora dolotowego, c – lampka kontrolna silnika (diagnostyczna), d – kodowanie liczby oktanowej, e – przewód sygnału diagnostycznego, f – sterowanie prędkości obrotowej biegu jałowego

11. EDC I COMMON RAIL

Electronic Diesel Control to jedna z wielu nazw układu elektronicznej regulacji i sterowania zasilaniem w paliwo silnika wysokoprężnego. Podstawową funkcją układu jest sterowanie objętością dawki paliwa i momentem jej wtrysku, zapewniające współpracę z elektronicznym regulatorem prędkości pojazdu, ręcznym regulatorem przyspieszenia, ogranicznikiem prędkości i ogranicznikiem emisji spalin. Możliwe jest również specjalne sterowanie rozruchem zimnego silnika, co jest szczególnie ważne podczas rozruchu w niskich temperaturach,



Rys. 11.1. Schemat układu typu EDC:

1 – przekaźnik zasilania, 2 – czujnik pedału przyspieszenia, 3 – czujnik kontaktowy pedału hamulca, 4 – czujnik kontaktowy pedału sprzęgła, 5 – przełącznik programowanego regulatora prędkości jazdy, 6 – prędkościomierz, 7 – zestaw lampek kontrolnych, 8 – przełącznik diagnostyczny, 9 – komputerowe złącze diagnostyczne, 10 – czujnik temperatury cieczy chłodzącej, 11 – czujnik temperatury powietrza doładowującego, 12 – czujnik ciśnienia powietrza doładowującego, 13 – czujnik prędkości obrotowej silnika, 14 – czujnik ruchu iglicy wtryskiwacza, 15 – zawór paliwowy, 16 – regulator pompy, 17 – złącze układu ABS, 18 – zwalniacz – retarder, 19 – hamulec, 20 – wyświetlacz trasy

kiedy uruchomienie silnika tego typu może powodować dodatkowe trudności.

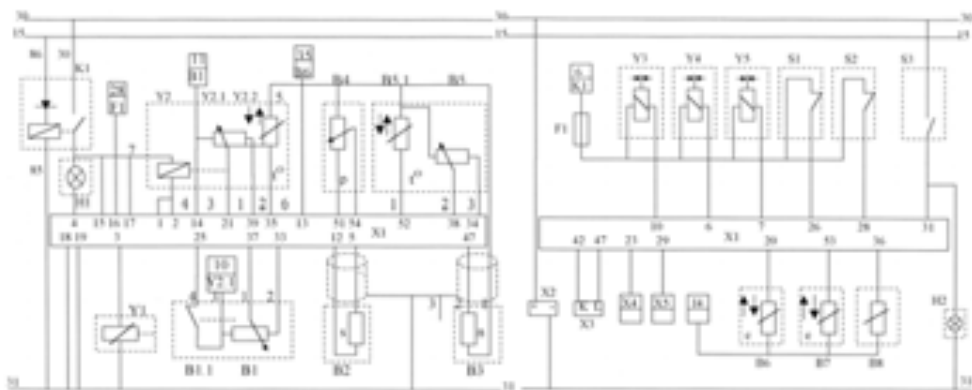
Układ EDC (rys. 11.1) i podobne, wykorzystuje wiele sygnałów pochodzących z czujników umieszczonych przy najważniejszych zespołach pojazdu.

Rozbudowana struktura układu umożliwia realizację wielu funkcji zwiększających wygodę i precyzję sterowania układem zasilania, a tym samym silnika i układu napędowego. Schemat elektryczny układu przedstawia rys. 11.2. Do najważniejszych zaliczyć można układy:

- programowanego regulatora prędkości pojazdu, umożliwiającego utrzymywanie stałej, w szerokim zakresie zmian obciążenia, prędkości pojazdu
- ręcznej regulacji prędkości obrotowej – działanie jw., tylko dotyczy prędkości obrotowej silnika
- ręcznej regulacji prędkości i momentu obrotowego – działanie układu zabezpiecza zewnętrzne urządzenia odbioru mocy przed przeciążeniem

Schemat układu Common Rail (rys. 11.3) jest podobny do schematu wielopunktowego układu wtryskowego benzyny. Paliwo jest doprowadzane do wtryskiwaczy z kolektora paliwa (Common Rail). Wielkość wtryskiwanych dawek zależy od ciśnienia paliwa i czasu otwarcia wtryskiwaczy. Różnice w budowie wynikają głównie z różnych wartości ciśnienia wtrysku. W CR mogą one dochodzić do 1600 bar. Są więc około 400 razy wyższe niż w układach wtryskowych benzyny.

Podczas gdy konwencjonalne, napędzane krzywkami i sterowane krawędziami układy wtryskowe oleju napędowego wytwarzają ciśnienie wtrysku dla każdego pro-



Rys. 11.2. Schemat układu elektronicznego sterowania pompami wtryskowymi silników wysoko-
prężnych; EDC-1.2.9 [20] B1 – potencjometr położenia pedału przyspieszaka,

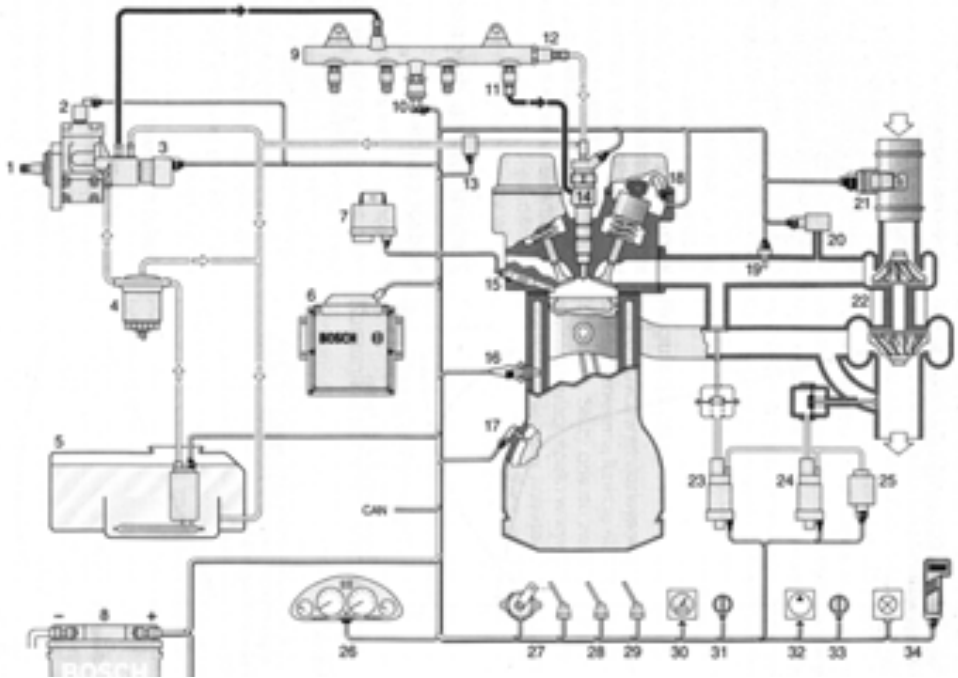
B1.1 – wyłącznik biegu jałowego, B2 – czujnik wzniosu iglicy wtryskiwacza, B3 – czujnik prędkości obrotowej silnika, B4 – czujnik bezwzględnego ciśnienia doładowania, B5 – czujnik przepływu powietrza, B5.1 – czujnik temperatury zasysanego powietrza, K1 – przekaźnik, H1 – lampka diagnostyczna, X1 – jednostka sterująca, Y1 – elektromagnetyczny zawór odcinający dopływ paliwa, Y2 – nastawnik wielkości wtryskiwanej dawki paliwa, Y2.1 – czujnik kontroli przesunięcia dozatora, Y2.2 – czujnik temperatury paliwa, B6 – czujnik temperatury powietrza w kolektorze dolotowym, B7 – czujnik temperatury silnika, B8 – czujnik poziomu cieczy chłodzącej, F1 – bezpiecznik 10A, H2 – lampka „stop”, S1 – wyłącznik hamulca zasadniczego, S2 – wyłącznik sprzęgła, S3 – wyłącznik hamulca, X2, X3 – wtyczka diagnostyczna, X4 – sygnał prędkości silnika, X5 – sygnał prędkości drogi, Y3 – solenoidowy zawór początku wtrysku, Y4 – EGR (system recyrkulacji spalin), Y5 – zawór wzrostu ciśnienia.

cesu wtrysku oddzielnie, w Common Rail wytwarzanie ciśnienia i sterowanie wtryskiem jest niezależne, dzięki temu układ ma dużą elastyczność dostosowania do indywidualnych zastosowań i duże możliwości oddziaływania na emisję substancji szkodliwych spalin, zwłaszcza tlenków azotu oraz cząstek stałych.

Dla utrzymania wysokiego ciśnienia paliwa we wnętrzu szyny, w układzie wtryskowym *common-rail* stosuje się pompę rotacyjną o wysokiej wydajności (rys. 11.4). Parametry układu *common-rail* są w dużym stopniu niezależne od obrotów silnika, co jest chyba jego najważniejszą zaletą w porównaniu z klasycznym układem z rotacyjną pompą wtryskową. Umożliwia to elektroniczne sterowanie wtryskiem paliwa z bardzo dużą precyzją.

Jako jego główne zalety można wymienić:

- budowę modułową – umożliwia swobodę konstrukcji i obniżenie kosztów napraw,
- możliwość dowolnego dobierania wartości ciśnienia i początku wtrysku,
- duże ciśnienia wtrysku – umożliwiają prawie zupełne spalanie,
- wtrysk wstępny (pilotujący) na kilka milisekund przed wtryskiem zasadniczym – wstępnie nagrzewa komorę spalania, dzięki czemu spalanie nie jest twarde, lecz miękkie i dzięki temu poziom hałasu i emisja tlenków azotu są mniejsze,
- szybki koniec wtrysku – wpływa pozytywnie na czystość spalin,
- możliwość wtryskiwania małych dawek.



Rys. 11.3. Schemat układu zasilania paliwem Common Rail [16]

1 – pompa wysokiego ciśnienia, 2 – zawór elektromagnetyczny wyłączenia sekcji tłoczącej, 3 – zawór regulacyjny ciśnienia, 4 – filtr paliwa, 5 – zbiornik paliwa z filtrem wstępnego oczyszczania i pompą zasilającą, 6 – sterownik silnika, 7 – sterownik świec żarowych, 8 – akumulator, 9 – zasobnik paliwa wysokiego ciśnienia, 10 – czujnik ciśnienia w zasobniku, 11 – ogranicznik przepływu, 12 – zawór redukcyjny ciśnienia, 13 – czujnik temperatury paliwa, 14 – wtryskiwacz, 15 – świeca żarowa, 16 – czujnik temperatury cieczy chłodzącej, 17 – czujnik prędkości obrotowej wału korbowego, 18 – czujnik prędkości obrotowej wału rozrzadu, 19 – czujnik temperatury zasysanego powietrza, 20 – czujnik ciśnienia doładowania, 21 – masowy przepływomierz powietrza, 22 – turbosprężarka, 23 – nastawnik recyrkulacji spalin, 24 – nastawnik ciśnienia doładowania, 25 – pompa podciśnienia, 26 – zestaw wskaźników, 27 – czujnik pedału przyspieszenia, 28 – styczniki hamulców, 29 – wyłącznik sprzęgła, 30 – czujnik prędkości jazdy, 31 – zespół włączania regulatora jazdy, 32 – sprężarka klimatyzacji, 33 – wyłącznik sprężarki klimatyzacji, 34 – lampka kontrolna silnika ze złączem diagnostycznym.

12. UKŁADY ZWIĘKSZAJĄCE BEZPIECZEŃSTWO

Termin „bezpieczeństwo czynne” obejmuje wszystko to, co wpływa na bezpieczeństwo kierowcy i pasażerów. W skład układów zwiększających bezpieczeństwo czynne wchodzi:

- układ zapobiegający blokowaniu podczas hamowania ABS,
- układ regulacji poślizgu napędu ASR,
- stabilizacja toru jazdy ESP,
- hamulec elektrohydrauliczny EHB
- oświetlenie

Mianem bezpieczeństwa biernego określa się rozwiązania techniczne zapewniające w przypadku zderzenia, maksymalną ochronę osób znajdujących się wewnątrz pojazdu.

Zderzenia pojazdu można podzielić w następujący sposób:

- zderzenia czołowe
- zderzenia boczne,
- zderzenia tylne,
- zderzenia asekuracyjne.

Wzrost bezpieczeństwa biernego w samochodzie można zapewnić dzięki zastosowaniu:

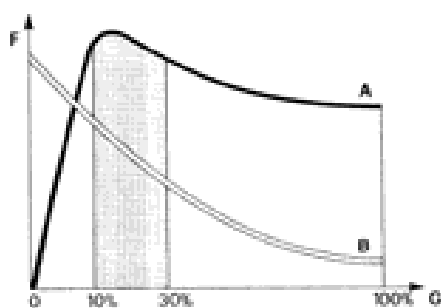
- wzmocnień strukturalnych nadwozia, pochłaniających energię uderzeń,
- systemu poduszek powietrznych,
- napinaczy pasów bezpieczeństwa,

12.1. Układ przeciwblokujący ABS (Antilock Braking System)

W procesie hamowania koła występuje zawsze poślizg w stosunku do nawierzchni drogi. W przypadku hamowania prędkość obwodowa koła jest mniej-

sza od prędkości samochodu. Poślizg jest maksymalny, kiedy prędkość koła wynosi zero, podczas gdy samochód porusza się jeszcze (koło zablokowane), poślizg jest zerowy gdy prędkość obwodowa koła jest taka sama jak prędkość samochodu. Współczynnik poślizgu jest wyrażony w procentach i jest równy: 0% – przy swobodnie obracającym się kole, 100% – przy kole zablokowanym i samochodzie poruszającym się (rys. 12.1).

Maksymalna skuteczność hamowania odpowiada wartości poślizgu zawartej w przedziale od 10% do 30%. Określa to optymalny przedział ustalony na podstawie dużej ilości prób doświadczalnych, do którego układ ABS stara się sprowadzić każdy układ hamulcowy danego typu pojazdu. Zastosowane rozwiązanie zapobiega blokowaniu kół i polega na zamontowaniu urządzenia modulującego ciśnienie hamowania.



Rys. 12.1. Wykres zależności pomiędzy przyczepnością a poślizgiem [24]:

A – krzywa przyczepności wzdłużnej (tor samochodu), B – krzywa przyczepności poprzecznej (stabilność samochodu), F – współczynnik przyczepności, G – współczynnik poślizgu.

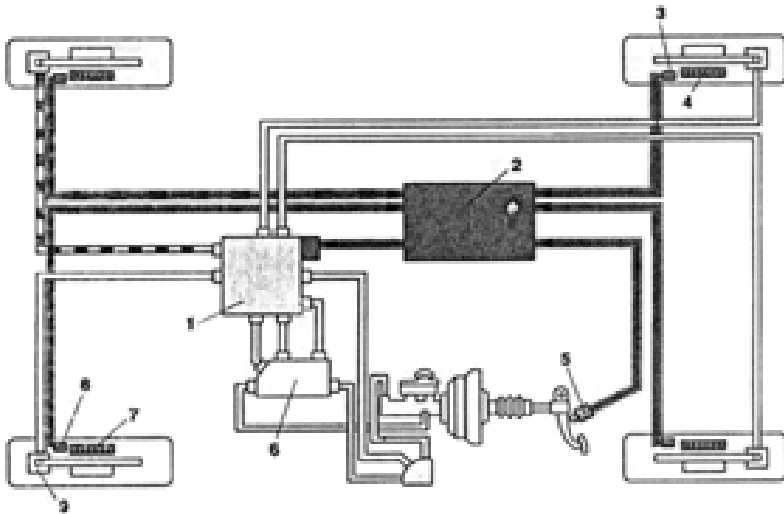
Zasada działania urządzenia ABS polega na zamontowaniu między pompę hamulcową, a układem hamulcowym (koła przednie i koła tylne) elektrozaworów sterowanych EUS, regulujących ciśnienie hamowania w poszczególnych kołach. Umożliwia to zmianę siły hamowania każdego koła, niezależnie od siły nacisku wywieranej na pedał hamulca.

We współczesnych samochodach wyposażonych w ABS stosuje się dwa zasadnicze typy rozwiązań konstrukcyjnych. W pierwszym elektroniczno-hydrauliczna jednostka sterująca systemu przeciwdziałającego blokowaniu kół włączona jest w klasyczny układ dwuobwodowy ze wspomaganie podciśnieniowym między pompę hamulcową, a hamulcami kół, których piasty zaopatrzone są dodatkowo w elektryczne czujniki prędkości obrotowej (rys. 12.2). W drugim jednostka sterująca zintegrowana jest z pompą hamulcową, a wspomaganie podciśnieniowe zastępuje

się wysokociśnieniowym wspomaganie hydraulicznym. Także w tym rozwiązaniu prędkości kół są kontrolowane.

W obu rozwiązaniach zasadą gwarantującą niezawodność systemu jest dublowanie układów elektronicznych i stosowanie w jednostce sterującej ECU programu samo testującego. Wszelkie informacje odbiegające od zakodowanego wzorca poprawności powodują natychmiastowe wyłączenie ABS-u co sygnalizowane jest zapaleniem się żółtej kontrolki w tablicy przyrządów. Układ hamulcowy działa wówczas jak o klasycznym działaniu bez ABS.

Do obu układów docierają te same sygnały wejściowe, które każdy z nich przetwarza w ten sam sposób i tylko wówczas kiedy otrzymane wyniki są identyczne, EUS zaczyna sterować układem elektrohydraulicznym. W przeciwnym przypadku, świadczącym o występowaniu nieprawidłowości w EUS układ wyłącza się i hamowanie przebiega w sposób tradycyjny



Rys. 12.2. Układ ABS z klasycznym układem dwuobwodowym ze wspomaganie podciśnieniowym [2]

1 – modulator, 2 – sterownik ABS, 3 – czujnik prędkości koła tylnego, 4 – wieniec zębaty, 5 – wyłącznik świateł hamowania, 6 – rozdzielacz siły hamowania, 7 – wieniec zębaty, 8 – czujnik prędkości koła przedniego, 9 – zacisk hamulca tarczowego

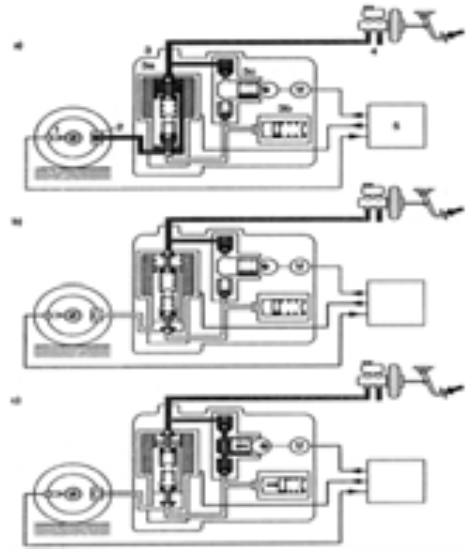
z równoczesną sygnalizacją awarii układu, uwidocznioną na zestawie wskaźników.

Najważniejszymi elementami elektronicznego układu sterującego są:

- stopień wejściowy
- mikroprocesory tworzące regulator cyfrowy
- pamięć stała
- stopień wyjściowy ze wzmacniaczami
- stabilizator napięcia i pamięć usterek
- gniazdo diagnostyczne.

Sygnaly z czujników prędkości obrotowej kół są doprowadzane do stopnia wejściowego, skąd po zamianie na sygnaly cyfrowe i odpowiednim przetworzeniu – przesyłane do mikroprocesora. W sterowniku są zastosowane dwa mikroprocesory, z których każdy równolegle przetwarza sygnaly z dwóch kół, a następnie wypracowuje cyfrowe sygnaly sterujące. W stopniu wyjściowym sygnaly te są przetwarzane na sygnaly analogowe, a następnie wzmacniane i doprowadzane do zaworów elektromagnetycznych modulatora.

Elektroniczne urządzenie sterujące jest wyposażone w układ pamięci z zapisanymi wartościami progowymi opóźnienia i przyspieszenia dla każdego koła, których przekroczenie powoduje reakcję układu. Steruje on elektrozaworami układu elektrohydraulicznego regulując ciśnienie w trzech fazach pracy: wzrost ciśnienia, redukcja ciśnienia, utrzymanie ciśnienia oraz w fazie spoczynku (rys. 12.3). Fazy te składają się na cykl regulacji przerwanej, bardzo szybkiej 2 do 6 razy na sekundę powtarzanej aż do zatrzymania samochodu. Ponieważ parametry, którymi steruje EUS (prędkość i przyspieszenie kół) zależą od bezwładności układu obręcz – opona, dlatego samochody wyposażone w ABS powinny posiadać wyłącznie obręcze, opony i wkładki cierne hamulców zalecane przez producenta.



Rys. 12.3. Trzy fazy pracy układu ABS [2]

a – faza wzrostu ciśnienia, b – faza utrzymania stałego ciśnienia, c – faza zmniejszania ciśnienia.

1 – czujnik prędkości koła, 2 – cylinderek hamulcowy, 3 – modulator, 3a – zawór elektromagnetyczny, 3b – akumulator ciśnienia, 3c – pompa elektryczna, 4 – pompa hamulcowa, 5 – sterownik

Urządzenie przeciwblokujące nie działa przy prędkości poniżej 5 km/h aby umożliwić blokadę kół po zatrzymaniu samochodu.

Układ elektrohydrauliczny składa się z następujących elementów:

1. czterech zaworów,
2. pompy powrotnej płynu dla obwodów hydraulicznych z zaworami wejściowymi typu kulowego,
3. przełącznika sterowania pompą powrotną,
4. przełącznika bezpieczeństwa i zasilania elektrozaworów.

Układ ma za zadanie zmieniać ciśnienie płynu hamulcowego w zacisku lub

rozpieraczu hamulcowym na podstawie sygnałów sterujących wysyłanych z EUS.

EUS steruje w rzeczywistości elektrozaworami oraz pompą powrotną płynu hamulcowego reagując na impulsy z czujników prędkości obrotowej poszczególnych kół.

Pierwsza faza występuje wtedy, gdy w trakcie hamowania koła obracają się z poślizgiem nie zagrażającym utracie stabilności ruchu (nie ma niebezpieczeństwa zablokowania się kół). Wówczas procesor sterujący nie włącza zasilania cewki elektrozaworu. Powoduje to, że tłoczek przyjmuje taką pozycję, przy której pomiędzy pompą hamulcową a zaciskiem pływ hamulcowy przepływa swobodnie o niezmiennym ciśnieniu

W przypadku wzrostu poślizgu do niebezpiecznej wartości, zachodzi konieczność przejścia układu do drugiej fazy regulacji ciśnienia. Do uzwojenia elektrozaworu doprowadzany jest prąd o wartości około połowy natężenia nominalnego (1,5...2,5 A). Tłoczek unosi się częściowo i ustala w położeniu, które powoduje zamknięcie wszystkich kanałów. Ciśnienie w obwodzie pomiędzy elektrozaworem i zaciskiem jest utrzymywane na stałej wartości, pomimo zwiększania nacisku na pedał hamulca przez kierującego.

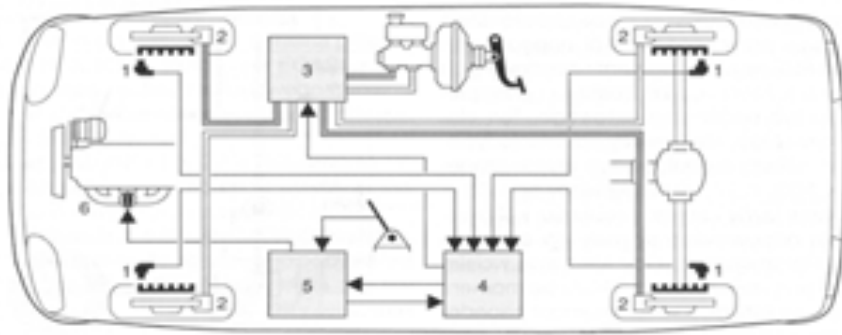
W przypadku, gdy – pomimo zadziałania drugiej fazy regulacji – sygnały z czujników wykazują dalszy wzrost wartości poślizgu kół, układ przejdzie w stan trzeciej fazy regulacji. Przez uzwojenie elektrozaworu zaczyna przepływać prąd o wartości nominalnej, a tłoczek przestawi się w pozycję, przy której nastąpi otwarcie przepływu z zacisku kół do pompy elektrycznej. Jednocześnie uruchamia się pompa, która powoduje przepompowanie płynu z powrotem do przestrzeni ponad tłoczkiem. Umieszczone w obwo-

dzie akumulatory ciśnienia mają za zadanie łagodzenie pulsacji pedału hamulca w chwili, gdy następuje zadziałanie pompy.

Zapewnienie optymalnego poślizgu koła odbywa się poprzez cykliczne przechodzenie od fazy wzrostu do fazy spadku ciśnienia. Efektem tego jest nawet kilkukrotne zatrzymanie i odblokowanie się hamowanego koła w ciągu sekundy. Łatwo zauważyć analogię do wspomnianego na początku hamowania pulsacyjnego, jednak z istotną różnicą, że regulacja wspomagana układem ABS pozwala na uzyskanie dużo większej precyzji i częstotliwości cykli w procesie hamowania.

12.2. Układ regulacji poślizgu napędu ASR

Uzupełnieniem i rozszerzeniem funkcji ABS jest układ regulacji poślizgu kół przy ruszaniu ASR, który ogranicza obracanie się kół napędowych z poślizgiem, zwłaszcza przy dostarczeniu zbyt dużej mocy na śliskiej nawierzchni. Oba układy ABS i ASR we współczesnych samochodach są ze sobą zintegrowane i posiadają wspólne EUS, w którym zapisane są programy pracy obu systemów (rys. 12.4). Stan pracy układu przeciwoślizgowego polega na przyhamowywaniu jednego lub obu kół napędzających przy pomocy układu hamulcowego wyposażonego w układ elektrohydrauliczny. Niezbędnym wymogiem dla pojazdów posiadających ASR jest zastosowanie tzw. „elektronicznego pedału przyspieszenia”. Zasada działania tego urządzenia polega na umożliwieniu integracji układu elektronicznego ASR w stopień otwarcia przepustnicy nawet wbrew woli kierującego. Dzieje się tak tylko w skrajnych przypadkach gdy moment napędowy przekazywany na koła napędzające



Rys. 12.4. Schemat układu przeciwoślizgowego kół napędowych wykorzystującego hamulce i przepustnicę silnika [15]

1 – czujniki prędkości kół, 2 – hamulce kół, 3 – zespół hydrauliczny (modulator) ABS i ASR, 4 – sterowniki ABS i ASR, 5 – sterownik Motronic, 6 – przepustnica silnika.

będące w stanie poślizgu jest zbyt duża i skuteczność przyhamowywania dla odzyskania przyczepności jest niewielka. Wówczas to zostaje automatycznie przyknięta przepustnica w celu zmniejszenia rozwijanej mocy przez silnik.

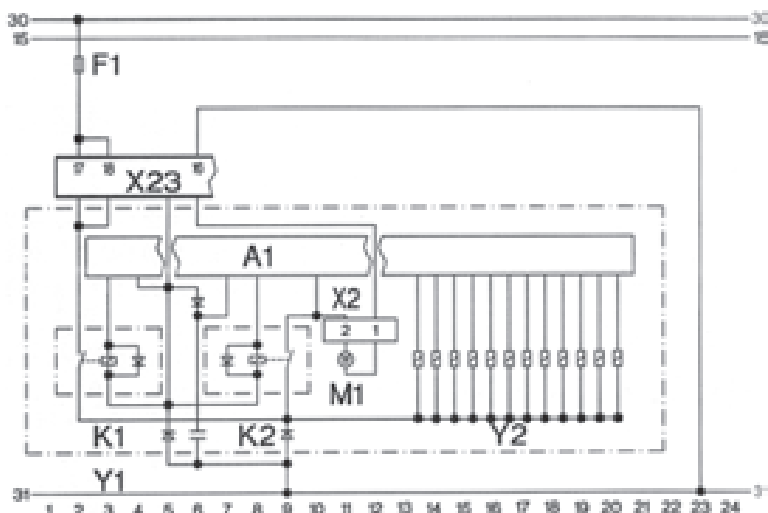
Głównym elementem systemu jest elektroniczny zespół sterujący ABS/ASR. Zintegrowane obwody wejściowe łączą czujniki indukcyjne kół z zespołem sterującym, przetwarzają sygnały na kompatybilne do komputerowych i sprawdzają tor sygnałowy czujników, obwód wyjściowy i licznik. Cztery wejściowe kanały umożliwiają przedstawienie wszystkich konfiguracji układów ABS/ASR. Właściwe filtrowanie i obróbka sygnału według algorytmu ABS/ASR dokonuje się w komputerze wyposażonym w 16 bitowy mikroprocesor posiadający 8kB pamięci ROM. Każdemu licznikowi kanałowemu lub głównemu jest przyporządkowany jeden 8 bitowy mikroprocesor, który ma zadanie zabezpieczające. Oprócz tego występuje licznik, który połączony jest z zaworami elektromagnetycznymi układu ABS. Elementy dozorujące muszą działać jako niezależne od dozorowanych elementów

hardwere. Własne systemy generujące posiadają nie tylko główne liczniki lecz także liczniki zabezpieczające.

Zasilanie zapewniające działanie zaworów elektromagnetycznych układu elektrohydraulicznego uzyskane jest oddzielnym przyłączeniem. Nowością tego rozwiązania są wejścia do przełączników funkcji ABS i ASR, jak również przyłącza do przeprowadzenia diagnostyki, elektronicznego wpływu układu ABS na pracę silnika i elementów pamięci dla zarejestrowania parametrów i uszkodzeń. Schemat elektryczny układu ABS/ASR przedstawia rys. 12.5 i rys. 12.6.

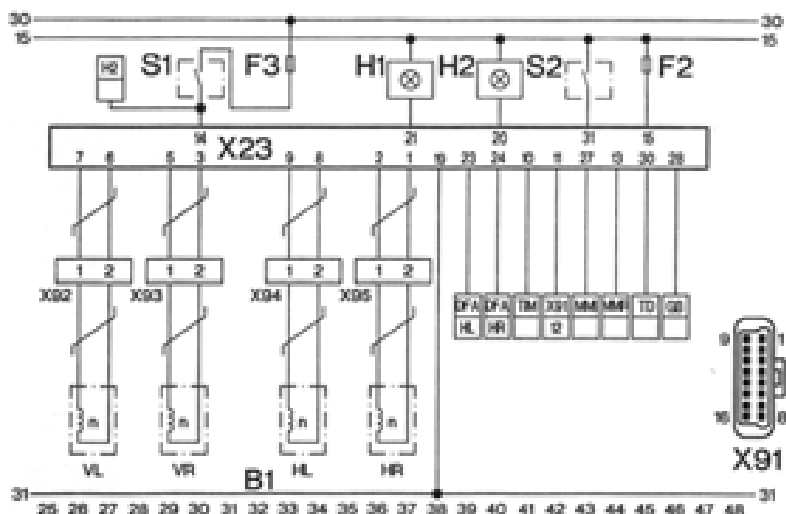
12.3. ESP (ang. Electronic Stability Programm)

Układ ESP (rys. 12.7) jak wskazuje nazwa stabilizuje samochód wpadający w poślizg, korygując tor jego jazdy. Zastosowane w nim układy elektroniczne rozpoznają poślizg boczny samochodu i poprzez możliwość przyhamowania indywidualnie dowolnego koła potrafią wywołać moment przeciwstawiający się



Rys. 12.5. Schemat elektryczny zintegrowanego układu ABS/ASR firmy BOSCH [1]

A1 – sterownik ABS/ASR, F1 – bezpiecznik silniczka pompy przetłaczającej (50A), F2 – bezpiecznik sterownika (10A) skrzynka bezp. poz. 7, K1 – przełącznik zaworów, K2 – przełącznik silniczka, M1 – silniczek pompy przetłaczającej, X23 – wtyczka sterownika 31-pinów, X2 – wtyczka silniczka 2-piny, Y1 – modulator ciśnienia z zabudowanym sterownikiem, Y2 – zawory elektromagnetyczne



Rys. 12.6. Schemat elektryczny zintegrowanego układu ABS/ASR firmy BOSCH [1]

B1 – czujnik prędkości obrotowej przód lewy/prawy, tył lewy/prawy, F2 – bezpiecznik kl. 15, F3 – bezpiecznik świateł stop, H1 – lampka kontrolna ABS (aktywna), H2 – żarówki świateł stop, S1 – włącznik świateł stop, S2 – przycisk ASR, X91 – złącze diagnostyczne, X92/93 – wtyczki czujników przedniej osi, X94/95 – wtyczki czujników tylnej osi, DFA – wyjście czujników prędkości obrotowej, GB – rozpoznanie skrzyni biegów, MMI – wartość rzeczywista momentu obrotowego, MMR – moment obrotowy wartość referencyjna, TD – sygnał prędkości obrotowej silnika, TIM – sygnał określający czas działania ABS.

obrotowi samochodu lub korygujący jego tor jazdy. W razie potrzeby jednocześnie redukowany jest moment obrotowy silnika, w celu zmniejszenia siły napędowej na kołach osi napędzanej. ESP może działać w każdych warunkach (jazda na wprost, pokonywanie zakrętu, hamowanie, przyśpieszanie, swobodne toczenie). Gdy tylko pojazd wykazuje tendencję do obrotu wokół osi środkowej lub poślizgu bocznego następuje interwencja układu.

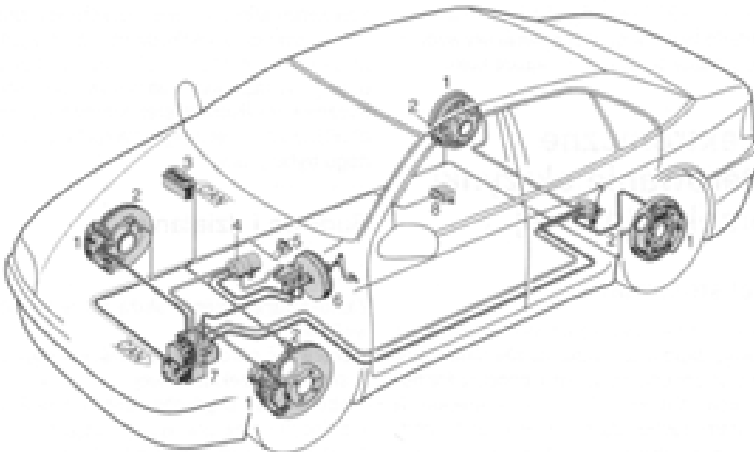
W przypadku podsterowności (przednia oś samochodu posiada większy poślizg niż tylna) przyhamowanie tylnego wewnętrznego koła stabilizuje samochód na jego właściwym torze jazdy. Jeżeli w poślizg wpada tylna oś (nadsterowność) przyhamowane jest koło przednie zewnętrzne.

Niebezpieczne przyspieszenie wokół osi pionowej rozpoznawane jest przez bardzo czuły sensor prędkości obrotowej. Czas reakcji systemu wynosi zaledwie 20 ms (0,02 sekundy), dzięki czemu wszelki

poślizg wykrywany jest znacznie wcześniej niż zrobiłby to kierowca. Analizę ruchu samochodu osobowego na zakręcie bez systemu ESP oraz z systemem ESP przedstawia rys. 12.8.

System ESP łączy w sobie zalety wielu układów: ABS, elektronicznej regulacji rozkładu siły hamowania między osiami, układu kontroli momentu obrotowego ASR oraz, w przypadku Mercedesa, także układu BAS (Brems Assistant System) wspomagającego pełne wykorzystanie hamulców w niebezpiecznych sytuacjach. „Mózgiem” systemu w wykonaniu firmy Bosch są dwa 16-bitowe, 56kBowe mikrokomputery przetwarzające dane z wszystkich czujników. Jeden procesor pełni funkcje kontrolną kontrolując prace drugiego. Dla porównania układ ABS wymaga zaledwie czwartej części mocy obliczeniowej wymaganej przez ESP.

Czujniki ESP ciągle monitorują następujące wartości:



Rys. 12.7. Rozmieszczenie elementów układu ESP [15]

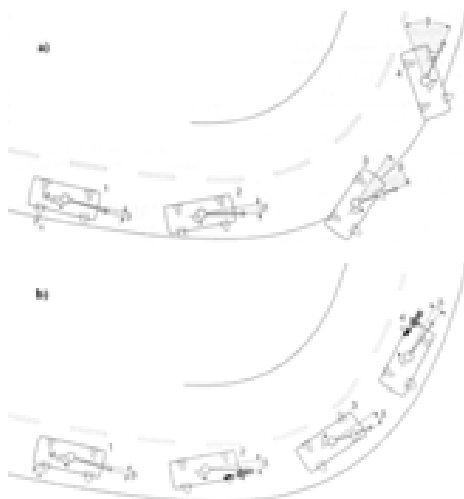
1 – hamulce kół, 2 – czujniki prędkości kół, 3 – sterownik elektroniczny, 4 – pompa wytwarzająca ciśnienie wstępne, 5 – czujnik kąta obrotu kierownicy, 6 – urządzenie wspomagania hamulców z pompą hamulcową, 7 – zespół hydrauliczny (modulator) z czujnikiem ciśnienia wstępnego, 8 – czujnik prędkości kątowej i przyspieszenia poprzecznego.

- prędkość obrotową każdego koła (przez czujniki ABS),
- kąt skrętu kierownicy,
- przyspieszenie poprzeczne samochodu,
- ciśnienie płynu hamulcowego w przewodach,
- prędkość obrotową wokół osi pionowej samochodu,
- aktualną prędkość jazdy samochodu,
- aktualny moment obrotowy, przekazywany na oś napędzaną,
- aktualne przełożenie wybrane przez kierowcę lub przez komputer sterujący automatyczną skrzynią biegów.

W niektórych rozwiązaniach uwzględniane są dodatkowo takie parametry jak:

- ciężar całkowity pojazdu (na podstawie układu regulującego twardość amortyzatorów),
- ciśnienie w ogumieniu (czujniki na obręczy koła lub na podstawie różnic prędkości obrotowych sąsiednich kół),
- różnice w wysokości lub rodzaju rzeźby bieżnika poszczególnych kół (porównanie prędkości obrotowej kół).

W czasie aktywnego działania układu ESP kierowca jest informowany poprzez centralnie na desce rozdzielczej umieszczoną kontrolkę ostrzegawczą (na ogół migający żółty trójkąt). Zwraca on uwagę kierowcy na uaktywnienie układu, a tym samym na potrzebę ostrożniejszej jazdy. Niestety żaden z produkowanych samochodów wyposażonych w ESP nie informuje kierowców innych samochodów o jego zadziałaniu przez zapalenie świateł hamowania. Tłumaczy się to przepisami mówiącymi o takiej sygnalizacji wyłącznie wtedy gdy to kierowca uruchamia hamulce. Układ ESP można wyłączyć przyciskiem umieszczonym obok. Jest to uzasadnione jazdą np. z założonymi łańcuchami przeciwnieźnymi w górach, przy podjazdach pod górę, gdy wskazany jest poślizg.



Rys. 12.8. Analiza ruchu samochodu osobowego w czasie jazdy na zakręcie [15]

a – bez układu ESP

1 – kierowca skręca koła kierowane (powstanie sił bocznych), 2 – groźba utraty stateczności, 3 – reakcja kierowcy (skręcenie kół w przeciwną stronę) – samochód wpada w poślizg, 4 – niekontrolowany ruch samochodu (utrata kierowności i stateczności ruchu)

b – z układem ESP

1 – kierowca skręca koła kierowane (powstanie sił bocznych), 2 – groźba utraty stateczności (układ ESP reaguje przyhamowując przednie prawe koło), 3 – samochód zachowuje stateczność ruchu, 4 – groźba utraty stateczności (układ ESP reaguje przyhamowując przednie lewe koło – stabilizacja toru jazdy i zachowanie stateczności ruchu)

M_G – moment obracający, F_R – siły poprzeczne działające na koła, β – kąt odchylenia kierunku ruchu od podłużnej osi pojazdu (kąt znoszenia).

Podstawowe zalety układu ESP to:

- zwiększenie sterowności,
- zdecydowana poprawa bezpieczeństwa czynnego,
- zwiększenie stateczności samochodu,
- poprawa skuteczności hamowania,

- brak konieczności korygowania kursu samochodu kierownicą w czasie poślizgu.

Wady systemu:

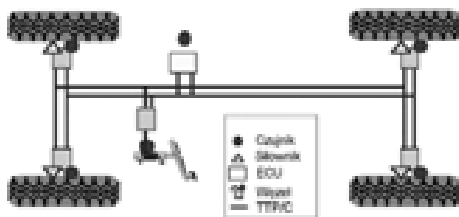
- wysoka komplikacja systemu, przez co jego wysoka cena,
- brak sygnalizacji działania układu (światła hamowania) dla innych użytkowników

Komplikacja systemu ESP oraz ingerencja w układ hamulcowy niosą ze sobą obawy o jego niezawodne działanie. Dlatego system zbudowany został tak, aby zminimalizować wszelkie niebezpieczeństwo. W przypadku awarii jakiegokolwiek elementu układu, który nie jest powiązany z innymi (np. z ABS) wyłączany jest sam układ ESP. Dzięki temu np. jeżeli awarii ulegnie czujnik prędkości obrotowej samochodu wokół osi pionowej kierowca ciągle może liczyć na sprawne działanie układu ABS, ASR oraz elektroniczny rozdział siły hamowania.

12.4. Hamulec elektrohydrauliczny EHB

Jedną z gałęzi rozwoju układów hamulcowych Brake by Wire jest hamulec elektrohydrauliczny EHB (rys. 12.9). System opiera się częściowo na sprawdzonych już komponentach hydraulicznych. Dzięki współpracy Boscha i koncernu Daimler Chrysler już niedługo możliwe będzie wprowadzenie go do produkcji seryjnej.

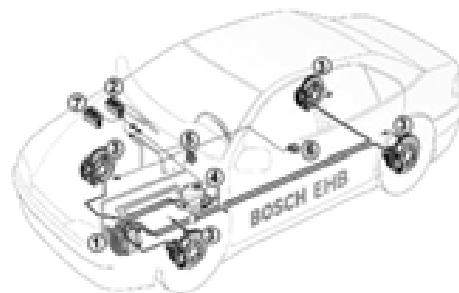
W konwencjonalnych układach hamulcowych ciśnienie hamowania w kołach wytwarzane jest mechanicznie przez kierowcę za pośrednictwem cylindra głównego lub, w przypadku hamowania stabilizującego, przez układ hydrauliczny ESP. Układ EHB z wysokociśnieniowego zasobnika doprowadza do hamulców



Rys. 12.9. Schemat układu hamulcowego Brake by Wire [28]

zapas płynu hamulcowego wystarczający do kilku hamowań. Elektromotoryczna pompa tłokowa utrzymuje stałe ciśnienie płynu hamulcowego wynoszące pomiędzy 140 a 160 barów. Rozmieszczenie elementów układu EHB przedstawia rys. 12.10.

W przypadku uruchomienia hamulca lub wyhamowywania stabilizującego, sterownik EHB przy pomocy algorytmu oblicza wartości ciśnienia potrzebne do wyhamowania każdego z kół, dostosowując je przy pomocy tzw. regulatorów ciśnienia do indywidualnych potrzeb koła. Modulatory składają się ze sterowanych elektronicznie: zaworu wpustowego i wylotowego.



Rys. 12.10. Rozmieszczenie elementów układu EHB [15]

1 – elektrohydrauliczny modulator ciśnienia dla układów ABS, ASR, ESP i EHB 2 – moduł sterujący EHB 3 – czujniki prędkości obrotowej / kierunku obrotów kół 4 – jednostka sterująca z czujnikiem położenia pedału hamulca 5 – czujnik kąta skrętu koła kierownicy 6 – czujnik przyspieszeń poprzecznych i kąta obrotu pojazdu wokół osi pionowej 7 – moduł sterujący pracą silnika

Punktem łączącym układ z kierowcą jest jednostka uruchamiająca hamulec. Dzięki zastosowaniu czujnika drogi hamowania i czujnika ciśnienia dokonuje ona w cylindrze głównym pomiaru siły potrzebnej do wyhamowania pojazdu. Obróbki tych danych dokonuje sterownik generujący sygnały dla modulatorów kół. W warunkach normalnych cylinder główny nie jest sprzężony z układem hamulcowym. Tradycyjny nacisk na hamulec powstaje za sprawą symulatora hamulca. W przypadku ingerencji stabilizującej układu ESP ciśnienie hamowania w kołach wytwarzane jest samoczynnie bez jakiegokolwiek udziału kierowcy.

Decydującym atutem hamulca elektrohydraulicznego EHB jest wzrost komfortu hamowania. Ponieważ ciśnienie hamowania regulowane jest niezależnie od kierowcy, można wprowadzić dodatkowe funkcje poprawiające wygodę jazdy, np. Adaptive Cruise Control ACC.

Dzięki niewielkiej sile potrzebnej do obsługi pedału hamulca, kierowca może przy pomocy EHB bez wysiłku zwiększać siłę hamowania aż do pełnego wyhamowania pojazdu z udziałem ABS, nie odczuwając przy tym typowych dla hamowania tradycyjnego pulsacji hamulca.

Również w przypadku ingerencji ESP stabilizacja pojazdu odbywa się bardziej komfortowo dzięki szybkiemu i precyzyjnemu obliczeniu wartości ciśnienia potrzebnego do wyhamowania kół. Pojazd jest stabilizowany w sposób niemal niezauważalny dla kierowcy. Aby jednak miał on świadomość, że samochód znajduje się w stanie bliskim poślizgu, włączenie się układu ESP sygnalizowane jest np. optycznie.

Dalsze zalety EHB polegają na łatwości zintegrowania dodatkowych funkcji zwiększających komfort i bezpieczeństwo jazdy:

- Funkcja Soft Stop zapewni łagodne zatrzymanie samochodu.
- Funkcja hamowania na sucho hamulca EHB pozwala przy mokrej nawierzchni generować regularne, krótkie i niezauważalne dla kierowcy impulsy hamowania w celu pozbycia się warstwy wilgoci z tarcz hamulcowych i zwiększenia skuteczności hamowania w każdych warunkach. Funkcja ta aktywowana jest wraz z włączeniem wycieraczek.
- Asystent hamowania w korkach wyhamowuje pojazd ze stałym, zdefiniowanym opóźnieniem, gdy kierowca zdejmie nogę z pedału przyspieszenia. Dzięki temu nie musi on ciągle zmieniać położenia nogi.
- Asystent ruszania z miejsca zapobiega staczaniu się samochodu i ułatwia podjazd pod górę. Funkcja aktywowana jest przy stojącym samochodzie dzięki krótkiemu, energicznemu naciśnięciu na pedał hamulca. Kolejny nacisk na pedał gazu automatycznie dezaktywuje działanie hamulca.
- Funkcja ACC Stop & Go rozszerza działanie układu ACC w warunkach jazdy w korku lub powolnej jazdy po mieście. Hamulec EHB współdziałający z dodatkowymi czujnikami wyhamowuje pojazd aż do pełnego zatrzymania, przy czym stale uwzględniany jest odstęp od pojazdu jadącego bezpośrednio przed pojazdem wyposażonym w EHB i ACC. Jeżeli pojazd przyspieszy, samochód z EHB i ACC samoczynnie ruszy w ślad za nim.

Układ hamulcowy EHB nie stawia żadnych dodatkowych wymagań odnośnie konstrukcji hamulców kół i nie zwiększa ciężaru układu. Dostawę energii zapewnia właściwie zaprojektowana sieć pokładowa 14 V. Prawidłowe zadziałanie

hamulca w razie przerwy w dopływie prądu gwarantuje bezpośrednie hydrauliczne zwiększenie ciśnienia w hamulcach przednich.

12.5. Oświetlenie

Źródłem światła w samochodach są żarówki, czyli elementy wysyłające promieniowanie świetlne w wyniku napięcia przyłożonego do końców tzw. żarnika. Umieszczenie żarnika w szklanej bańce napełnionej gazem szlachetnym (lub innym) zwiększa trwałość żarnika i pozwala mu rozżarzyć się do wyższej temperatury.

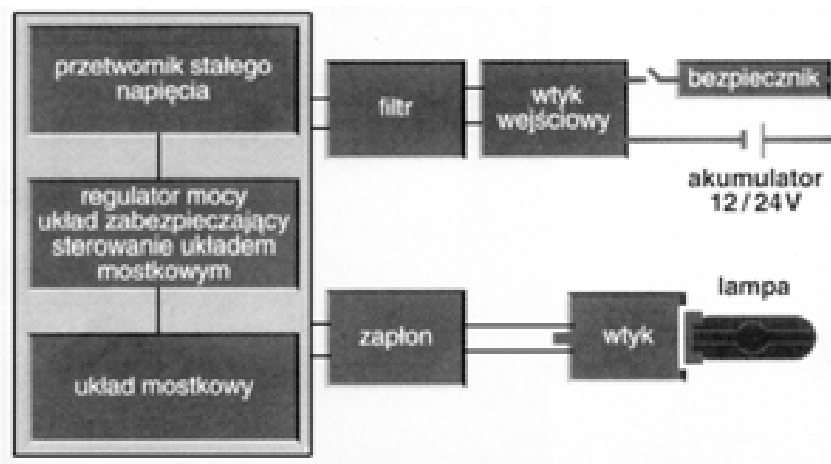
Postęp technologii sprawia jednak, że dostępne stają się inne, znane od dziesięcioleci źródła światła – tzw. lampy wyładowcze stosowane dotąd w rozwiązaniach stacjonarnych (np. przemysłowych). Źródłem światła jest w takiej lampie nie żarnik, ale gaz pobudzony do świecenia na skutek przyłożonego do niego bardzo wysokiego napięcia. Schemat blokowy przetwornicy wysokiego napięcia przedstawia rys. 12.11.

Praktyczna realizacja pozostała nie zmieniona od chwili wynalezienia takiej lampy, w bańce wypełnionej odpowiednim gazem (np. ksenonem) zanurzone są dwie elektrody. Budowę lampy wyładowczej przedstawia rys. 12.12.

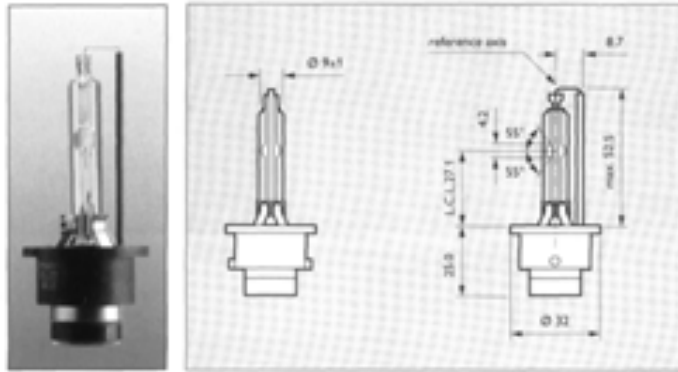
Po doprowadzeniu do nich napięcia rzędu kilkudziesięciu tysięcy woltów, gaz zaczyna świecić (świeci gaz, a nie elektrody). Wystarczy teraz obniżyć napięcie i podtrzymywać świecenie gazu, aby proces trwał aż do chwili wyłączenia napięcia. Wysokie napięcie potrzebne jest jedynie do pobudzenia gazu do świecenia; wielokrotnie niższe napięcie podtrzymuje jedynie proces świecenia.

Żarówka ksenonowa oferuje:

- 2 do 3 razy więcej światła za połowę zużycia energii przy konwencjonalnym źródle światła, tzn. więcej energii jest dostępne dla pozostałych urządzeń elektrycznych samochodu
- podwojenie lub potrojenie oświetlenia otwiera drogę do stworzenia mniejszych reflektorów przez projektantów samochodowych



Rys. 12.11. Schemat blokowy przetwornicy wysokiego napięcia zasilającej samochodowe lampy wyładowcze [22]



Rys. 12.12. Lampa wyładowcza typu DS2 o mocy 35W, zasilana napięciem 85V/23kV [22]

- niski poziom promieniowania podczerwonego i ultrafioletowego powoduje możliwość użycia nowych materiałów do produkcji reflektorów, co ma wpływ na styl, aerodynamikę, zużycie paliwa itp.

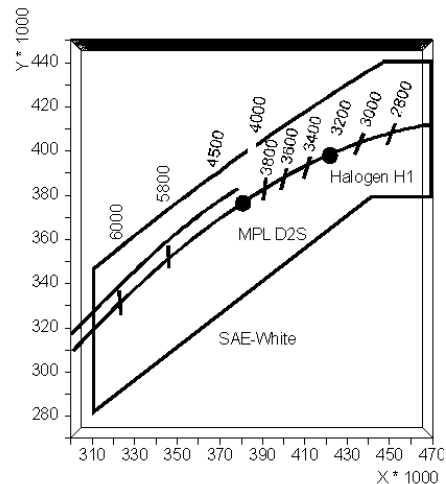
Są również i wady, a mianowicie: długi czas rozżarzenia się gazu i konieczność stosowania specjalnych rozwiązań konstrukcyjnych: przetwornicy wysokiego napięcia. Porównanie parametrów lampy D2S i H4 przedstawia tab. 12 1.

Światło emitowane przez lampę ksenonową nie jest tak naprawdę niebieskie lecz białe w oparciu o międzynarodowe przepisy (rys. 12.13). Światło tylko wydaje się niebieskie w porównaniu do ciepło-żółtej barwy emitowanej przez żarówki halogenowe.

Wprowadzony do samochodów system Litronic (LightelecTRONIC) jest oparty na dwóch stosowanych jednocześnie rozwiązaniach (rys. 12.14).

Każde z nich zapewnia znaczną poprawę oświetlenia drogi rozdzielczych światła mijania i drogowych układu 4-reflektorowego

Pierwszy z nich jest oparty na udoskonalonej żarówce halogenowej nowej generacji H7 z precyzyjnym ustawieniem włókna i zwiększonym strumieniem



Rys 12.13. Lokalizacja lamp D2S i H1 w trójkącie barw wg Międzynarodowej Komisji Oświetlenia (CIE)

światlnym. Drugi zaś stosowany obecnie tylko w samochodach droższych marek, wyposażony w układ reflektorowy z żarówkami ksenonowymi.

W systemie Litronic stosowane są dwa systemy światła mijania:

- system światła mijania z lampą wyładowczą D2S (przedstawiony na rys. 12.15 a)
- system światła mijania z lampą wyładowczą D2R (przedstawiony na rys. 12.15. b)

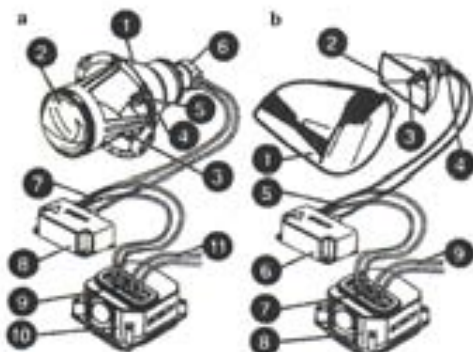
Tabela 12.1. Porównanie parametrów żarówek

	Żarówka ksenonowa	H4
Napięcie	85 V	12 V
Moc	35 W	60/55 W
Strumień świetlny	3000 lm ok.	1650/1000 lm
Temperatura barwowa	ok. 4000 K	
Żywotność	3000 h	700 h

Firma Hella w uzupełnieniu systemu Litronic zastosowała w samochodach marki Mercedes E (rys. 12.16.), elektroniczną regulację położenia reflektorów i system natrysku. Po włączeniu ciśnienia hydraulicznej pompy powoduje to wysunięcie dyszy natryskowej przez mechanizm teleskopowy przez reflektor, a następnie natrysk jego szyby. Czujniki rozmieszczone w nadwoziu rejestrują zmianę w jego położeniu względem osi jezdni i powodują zadziałanie serwomotorów nastawczych reflektorów.

W wyniku tego jest korygowana długość strumienia oświetlającego drogę przy zmianach załadowania samochodu, jak też w czasie kołysania nadwozia przy przy-

spieszaniu lub hamowaniu. Takie rozwiązanie w znaczny sposób przyczynia się do zwiększenia bezpieczeństwa na drodze podczas jazdy nocą oraz w warunkach ograniczonej widoczności.

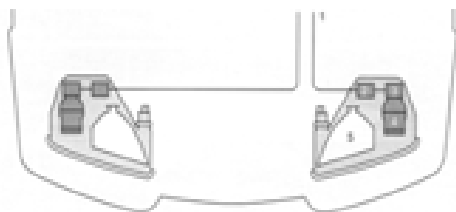


Rys.12.15. System świateł mijania

a – z lampą wyładowczą D2S (system projekcyjny) [15]:

1 – elipsoidalny reflektor świateł mijania 2 – soczewka, 3 – ekran, 4 – reflektor (odbłyśnik), 5 – wtyczka lampy, 6 – wtyczka zapłonnik, 7 – wtyczka zespołu sterującego, 8 – zespół sterujący, 9 – wiązka przewodów

b – z lampą wyładowczą D2R (system reflektorowy): 1 – soczewka, 2 – reflektor (odbłyśnik), 3 – wtyczka lampy, 4 – wtyczka zapłonnik, 5 – wtyczka zespołu sterującego, 6 – zespół sterujący, 7 – wtyczka zespołu sterującego, 8 – wiązka przewodów



Rys.12.14. Reflektorowy system oświetlenia samochodu osobowego z systemem Litronic [15]:

1 – przewód instalacji elektrycznej samochodu, 2 – sterownik elektroniczny, 3 – urządzenie zapłonowe ze złączem, 4 – układ optyczny reflektora Litronic z lampą światła mijania, 5 – światło drogowe z żarówką halogenową.

Międzynarodowe przepisy dotyczące używania lamp ksenonowych :

- lampy muszą być zgodne z przepisami
- samochód musi być wyposażony w automatyczny system ustawiania świateł (światła są automatycznie obniżane gdy samochód jest obciążony lub podczas przyspieszania i hamowania)
- samochód musi być wyposażony w automatyczny system oczyszczania reflektorów



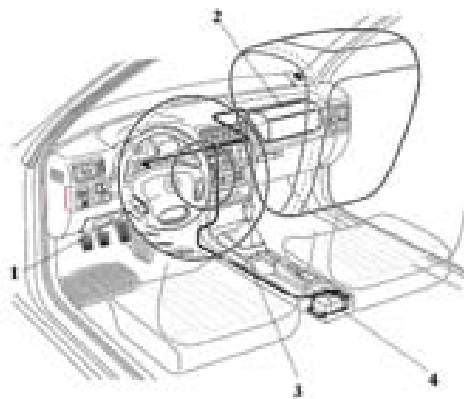
Rys. 12.16. Reflektor Vario-Xenon firmy Hella

12.6. Poduszka powietrzna

AIRBAG SRS – (Supplemental Restraint System)

Poduszka powietrzna jest urządzeniem zabezpieczenia biernego pasażerów złożonym z jednej lub dwóch poduszek, które w przypadku zderzenia czołowego są automatycznie napełniane stanowiąc amortyzację pomiędzy zajmującymi przednie siedzenia kierowcy i pasażera, a kierownicą lub przednią częścią kabiny pasażerskiej (rys. 12.17).

Składa się ona z trzech części: generatora gazowego, złożonej poduszki oraz właściwej pokrywy. Generator gazowy napełniający poduszkę zawiera zapalnik i około 73g stałego paliwa. Stosuje się azydek sodowy, który okazał się najbardziej korzystny. Po zapłonie rozkłada się on



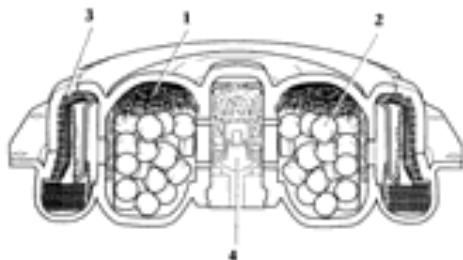
Rys. 12.17. Typowy system z dwiema poduszkami powietrznymi [25]

1 – poduszka kierowcy, 2 – poduszka pasażera, 3 – wiązka przewodów, 4 – urządzenie sterujące czujnikami

wydzielając gaz o zawartości 99% azotu i śladowo inne składniki. Reakcja trwa ok. 0,025 s., a podana powyżej ilość azydku wystarcza na napełnienie poduszki o pojemności 60 dm³. Przekrój generatora gazowego wraz z poszczególnymi jego częściami przedstawia rys. 12.18.

Oprócz tych zewnętrznych – wykonawczych elementów system SRS zawiera jeszcze układ sterujący momentem zadziałania poduszki, zawierający:

- czujnik opóźnienia,
- elektroniczny układ sterujący,



Rys. 12.18. Przekrój generatora gazowego poduszki powietrznej [25]:

1 – komora sprężania, 2 – paliwo pirotechniczne, 3 – kanały dolotowe, 4 – zapalnik.

- własne źródło zasilania,
- układ diagnostyczny i wskaźnikowy,
- układ instalacji.

Układ SRS można podzielić zasadniczo na dwie generacje: do 1992r. i po roku 1993. Układy starszej generacji miały oddzielne układy sterowania i zasilacz, układy nowej generacji mają te zespoły w jednej obudowie. Zmieniona została również zasada zapłonu generatora gazowego – w układach nowej generacji odbywa się on napięciem zmiennym, co zwiększa bezpieczeństwo przy obsłudze układu. Również diagnostyka układu AIRBAG została włączona do zespołu diagnostycznego samochodu poprzez gniazdo diagnostyczne.

Jednym z elementów przedstawionego systemu jest złącze kontaktowe (ang. contact reel). Jego zadanie polega na przeniesieniu sygnału z czujnika zderzeniowego do generatora gazu umieszczonego na ruchomej kierownicy. Urządzenie składa się z dwóch miseczek, z których dolna jest przymocowana śrubami do przełącznika pod kierownicą, a górna sprzęgnięta z kierownicą. Wewnątrz miseczek przewody łączące instalację z modułem AIRBAG oraz z przyciskami sygnału dźwiękowego są zwinięte w spiralę co pozwala bez przeszkód kręcić kierownicą. Zastosowanie tego rozwiązania było konieczne ze względu na zapewnienie stuprocentowej pewności styku pomiędzy ruchomą kierownicą, a nieruchomą kolumną kierownicy.

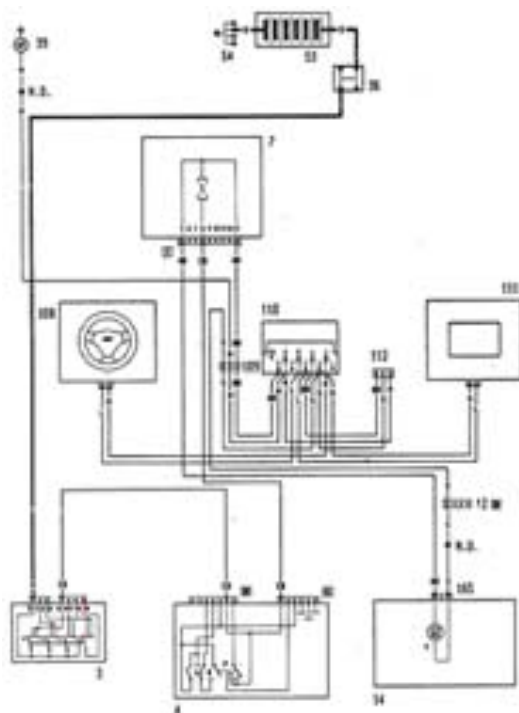
Proces działania całego systemu SRS przebiega zawsze według ustalonego algorytmu. Elektroniczny czujnik opóźnienia podaje do mikroprocesora sygnał proporcjonalny do wielkości opóźnienia i sygnał ten utrzymuje się przez czas trwania opóźnienia. Daje to mikroprocesorowi możliwość rozróżnienia czy zaistniałe opóźnienie jest wynikiem zderzenia czy np. uderzenia młotkiem, które może dać

znaczne, ale bardzo krótkotrwałe opóźnienie. Duże opóźnienie występujące przy zderzeniu powoduje zwarcie wyłącznika elektromechanicznego. Może jednak ono wystąpić przy bardzo ostrym hamowaniu. Aby zadziałał układ SRS zwarte muszą być zarówno łącznik zderzeniowy jak i łącznik sterowany przez czujnik opóźnienia. Czas jaki upływa od momentu zderzenia do momentu całkowitego napełnienia poduszki azotem wynosi 40 ms. Zasilacz awaryjny zwiera przetwornik napięciowy i kondensator gromadzący energię wystarczającą do uruchomienia systemu wówczas, gdy zasilanie z akumulatora zostało przerwane na skutek uszkodzenia akumulatora lub przerwania przewodu w początkowej fazie zderzenia. Zasilanie to trwa zaledwie ok. 1 sekundy po przerwaniu zasilania z akumulatora, ale wystarcza do uruchomienia poduszek powietrznych.

EUS umieszczone jest wewnątrz kabiny na tunelu pomiędzy siedzeniami kierowcy oraz pasażera i jest mocno przytwierdzone do podłogi.

Lampka sygnalizacyjna SRS umieszczona jest w zespole wskaźników. Po włączeniu zapłonu lampka ta świeci się czerwonym światłem. Przy prawidłowo działającym systemie, po uruchomieniu silnika lampka ta gaśnie. Jeżeli w układzie jest jakaś usterka wykryta przez układ diagnostyczny lampka będzie się świeciła nadal, Aż do usunięcia usterki i wykasowania błędu z pamięci układu. Schemat elektryczny układu przedstawia rys. 12.19.

EUS jest zasilane napięciem 12 V po włączeniu zapłonu i po około 100 ms jest w pełnej gotowości do zadziałania w takim też czasie reaguje na ewentualne zderzenie. Szybkie działanie EUS jest możliwe dzięki zastosowaniu w układzie elektronicznym kondensatora buforowego, który akumuluje energię zapewniając



Rys. 12.19. Schemat elektryczny urządzenia AIRBAG [25]

3 – wyłącznik zapłonu, 4 – przełącznik pod kierownicą, 12 – złącze wiązki przewodów deski rozdzielczej z wiązką przednią, 14 – zestaw wskaźników, Y – lampka sygnalizacji awarii układu poduszki powietrznej, 36 – złącze rozgałęzione, 39 – punkt masowy przedni lewy, 53 – akumulator, 54 – punkt masowy akumulatora, 108 – moduł wyzwalający poduszkę powietrzną od strony kierowcy, 109 – złącze urządzenia ze spiralną wiązką przewodów, 110 – elektroniczne urządzenie sterujące układem poduszki powietrznej, 111 – moduł wyzwalający poduszkę powietrzną od strony pasażera, 12 – gniazdo diagnostyczne, 165 – złącze przewodów, N.D. – złącza rozgałęzione

normalne działanie oraz generację sygnału zapalającego ładunek wybuchowy. EUS musi być zamontowany, tak aby kierunek strzałki umieszczonej na etykiecie przyklejonej do obudowy był zgodny z kierunkiem ruchu pojazdu. Właściwy kierunek montażu musi być rygorystycznie przestrzegany gdyż warunkuje prawidłową ocenę opóźnienia podczas zderzenia, a więc i skuteczność działania całego zabezpieczenia.

Wewnątrz EUS są umieszczone:

- piezoelektryczny czujnik przyspieszenia mocno przytwierdzony do ścianki obudowy,

- drugi mechaniczny czujnik przyspieszenia o podwyższonym progu zadziałania, który jest połączony szeregowo z czujnikiem piezoelektrycznym i wejściem stopni sterujących odpaleniem poduszek,
- mikroprocesor dokonujący obróbki (całkujący) sygnałów z czujników opóźnień,
- pamięć stała usterek (FAULT MEMORY),
- pamięć stała zderzenia (CRASH MEMORY).

Podczas jazdy samochodem EUS dokonuje ciągłej diagnostyki systemu AIR-BAG sprawdza ciągłość obwodów i sprawność elementów. Gdy zostanie wykryta awaria lub złe funkcjonowanie wtedy zostanie zapamiętany typ usterki w pamięci stałej usterek FAULT MEMORY. Zostanie również zapalona kontrolka AIR-BAG w zestawie wskaźników sygnalizując użytkownikowi awarię systemu.

Kiedy EUS rozpoznaje warunki zderzenia i wysyła następnie rozkaz uruchomienia urządzeń odpalających poduszki nie tylko rozkaz ten będzie zapamiętany w pamięci zderzenia CRASH MEMORY lecz również inne dane wybrane z zasobu informacji wysłanych przez system.

Pamięć zderzeniowa jest podzielona na cztery bloki:

- Pierwszy blok – w tym obszarze pamięci będą zapamiętane czasy trwania objawów ewentualnej pierwszej awarii.
- Drugi blok – w tym obszarze zostaną zapamiętane tylko ewentualne awarie występujące w czasie zderzenia co umożliwi lepsze zrozumienie tego jaki wpływ mają te awarie na funkcjonowanie AIRBAG.
- Trzeci blok – w tym obszarze pamięci będą rejestrowane rutynowe parametry zderzenia:
 - a) opóźnienie większe niż 2,6g,
 - b) rozkaz odpalenia AIRBAG wysłany,
 - c) zadziałanie elektromechanicznego czujnika opóźnienia.
- Czwarty blok – w tym ostatnim obszarze pamięci będzie zapamiętywane potwierdzenie rozkazu odpalenia urządzeń napędzających poduszki powietrzne.

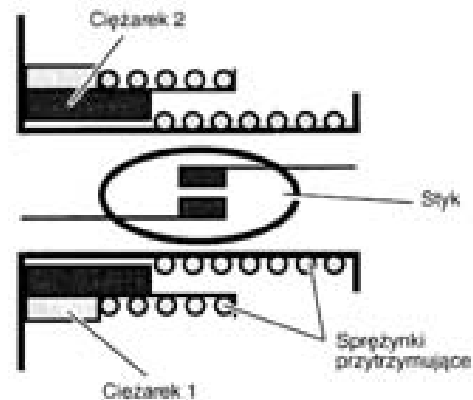
Zadaniem czujnika elektromechanicznego (rys.12.20) zwanego też czujnikiem bezpieczeństwa jest szybkie dołączenie plusa napięcia do zapalnika przy przyspieszeniu minimalnym wynoszącym ok. 2,5g.

Pozwala to uniknąć włączenia przypadkowego generatora gazu podczas hamowania, które maksymalnie osiąga opóźnienie 1,1,2g i daje mikroprocesorowi możliwość wykrycia niezgodności w stosunku do czujnika przyspieszenia.

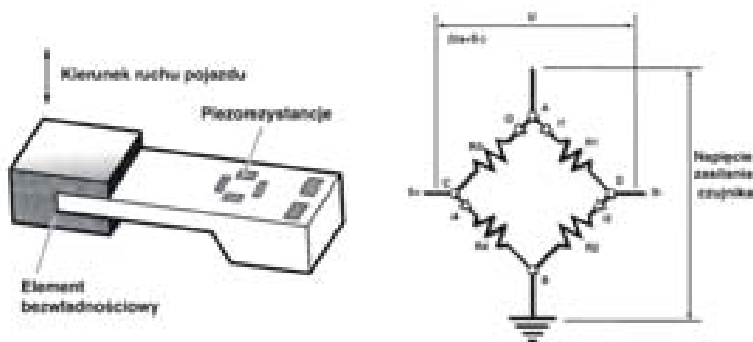
Czujnik ten posiada dwa ciężarki inercyjne: zwiększenie bezwładności pozwala mu na przedłużenie okresu trwania kontaktu. Ciężarki utrzymane są w położeniu spoczynkowym przez sprężynki. Podczas zderzenia ciężarek 1 przemieszcza się razem z ciężarkiem 2, a ponieważ jedna część każdego z ciężarów jest wykonana z magnesu trwałe zbliżenie się magnesu do styku kontaktowego powoduje jego zamknięcie.

Czujnik przyspieszenia (rys. 12.21) zwany też czujnikiem opóźnienia ponieważ mierzy przyspieszenie ujemne jest montowany szeregowo z czujnikiem elektromechanicznym. Jest on elementem piezorezystancyjnym zasilany napięciem 5V, który to generuje napięcie proporcjonalne do przyspieszenia pojazdu.

Przedstawiony schemat ilustruje zasadę budowy czujnika piezorezystancyjnego (czujnika przyspieszenia). Na cienkiej płytce umieszczone są cztery piezorezystancje tworzące mostek Wheastone'a.



Rys. 12.20. Czujnik elektromechaniczny [25]



Rys. 12.21. Wygląd zewnętrzny i schemat elektryczny czujnika przyspieszenia [25]

Rezystancje pełnią rolę miernika naprężeń, co pozwala na zarejestrowanie odkształcenia płytki wywołanego przez wstrząs elementu bezwładnościowego, czułego na przyspieszenia pojazdu.

Mostek Wheastone'a jest w równowadze gdy: $U = 0$. W konsekwencji odpowiedniego ułożenia na płytce, oporniki R3 i R1 oraz R4 i R2 działają prostopadle jeden na drugiego. W efekcie pod wpływem przyspieszeń, a więc pod wpływem odkształcenia się płytki, wartości poszczególnych oporów zmieniają się w sposób różny. Mostek nie jest już w stanie równowagi ponieważ $U \neq 0$.

Każda zmiana oporności powoduje zmianę UAC i UAD, a więc U jest dokładnie odbiciem przyspieszenia. Po obróbcie sygnału wyjściowego z mostka uzyskuje się liniową zależność napięcia U[V] do wartości przyspieszenia $a[m/s^2]$. Dla każdego modelu pojazdu określona jest kalibracja (próg zadziałania) napięcia U w funkcji przyspieszenia a.

12.7. Pirotechniczne napinacze pasów

Stosuje się trzy poziomy bezpieczeństwa przy wykorzystaniu pirotechnicznych pasów:

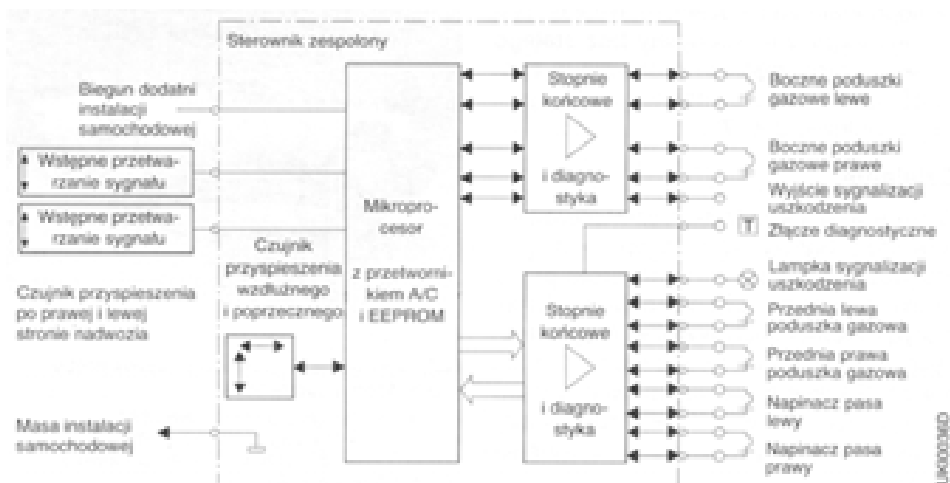
- I poziom – dwa napinacze psów sterowane przez specjalny EUSP.
- II poziom – poduszka powietrzna dla kierowcy i dwa napinacze pasów sterowane przez EUS AIRBAG.
- III poziom – dwie poduszki powietrzne i dwa napinacze pasów sterowane przez EUS AIRBAG.

Różnice w budowie EUSP w stosunku do poprzednich układów AIRBAG posiada jedynie wersja, w której samochód jest wyposażony tylko w pirotechniczne napinacze pasów.

EUS (rys. 12.22) składa się z takich elementów jak:

- czujnik zderzenia,
- rezerwa energii,
- urządzenie odpalające,
- część diagnostyczna.

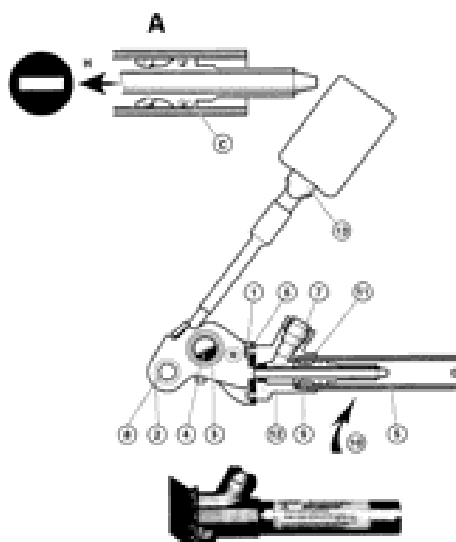
W przypadku samochodu wyposażonego chociażby w jedną poduszkę powietrzną i pirotechniczne pasy budowa układu SRS jest taka sama jak tylko dla samych poduszek powietrznych. Dodatkowo jest tylko zmieniona budowa jednego z mocowań pasa oraz program analizujący rodzaj zdarzenia, który wysyła sygnały o ewentualnym odpaleniu nie tylko do dwóch generatorów gazu, ale też do ładunków znajdujących się w napinaczu.



Rys. 12.22. Schemat zespólnego sterownika elektronicznego napięcia pasów oraz przednich i bocznych poduszek gazowych [15]

Podczas zderzenia czujnik CRASH SENSOR w module sterującym układu mierzy opóźnienie wynikające ze zderzenia. Mikroprocesor oblicza wartość opóźnienia i na tej podstawie ustala przebieg opóźnienia podczas całego zderzenia. Ważną rolę odgrywają tu takie parametry jak kąt i prędkość zderzenia. Przebieg opóźnienia jest następnie porównywany z charakterystykami przechowywanymi w pamięci modułu sterującego. Po przekroczeniu określonego progu, czujnik SAFING SENSOR (wyłącznik zabezpieczający) sprawdza o sygnał. Gdy tylko czujnik SAFING SENSOR rozpozna minimalną wymaganą wartość opóźnienia następuje włączenie napięcia do układu zapłonu. W zależności od rozpoznanego stopnia ciężkości wypadku, moduł sterujący wyzwala oba pirotechniczne napinacze pasów bezpieczeństwa lub obie poduszki powietrzne i oba pirotechniczne napinacze pasów bezpieczeństwa.

Przesunięcie tłoka napinacza o 50 mm wyraża się podwójnym ściągnięciem pasa, który skróci się o 100 mm. Działanie



Rys. 12.23. Budowa pirotechnicznego napinacza pasów oraz sposób blokowania tłoczka po odpaleniu w celu niedopuszczenia do jego cofnięcia [25]:

1 – płytkę, 2 – wspornik, 3 – rolkę, 4 – nit rolki, 5 – obudowę, 6 – śrubę mocującą, 7 – generator gazu, 8 – podkładkę, 9 – kulki, 10 – naklejkę informacyjną, 11 – tłoczek, 12 – kod i data produkcji, 13 – linkę i zatrząsk.

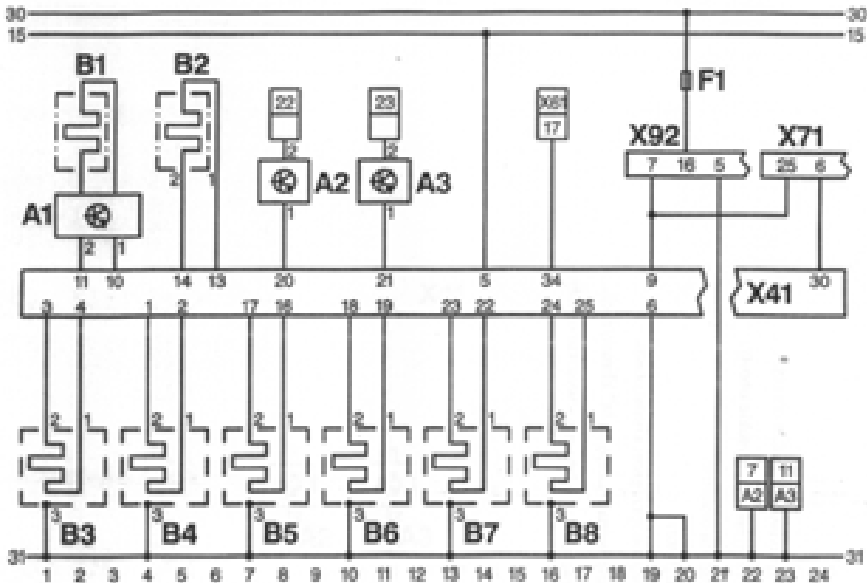
napinacza ma miejsce w bardzo wczesnej fazie zderzenia jeszcze przed przemieszczeniem się podróźnych. Czas odpalenia (inicjacji) wynosi 20ms licząc od początku zderzenia. Budowę pirotechnicznego napinacza przedstawia rys. 12.23.

Jako stały materiał wybuchowy dla pirotechnicznych napinaczy pasów stosuje się materiał na bazie nitrocelulozy. Powstałe w wyniku reakcji chemicznej ciśnienie gazów przesuwają tłoki w obudowie hamującej. Linki zamocowane do tłoków i do klamer pasów pociągają oba za-

ciski pasów ku dołowi, powodując w ten sposób naprężenie pasów i utrzymanie ciał podróźnych jak najbliższej siedzenia i oparcia z zagłówkiem.

Po odpaleniu ładunku pirotechnicznego, mechanizm złożony z kulek (9) ułożonych wokół stożka (C) przeciwstawia się zwolnieniu linki w kierunku wskazanym przez strzałkę, a więc w konsekwencji zwolnieniu pasa podtrzymującego podróźnego.

Zapłon ładunku pirotechnicznego jest potwierdzony przez zapalenie lampki kontrolnej na tablicy wskaźników.



Rys. 12.24. Schemat elektryczny układu poduszek powietrznych i napinaczy pasów bezpieczeństwa [1]

A1 – sprężyna spiralna poduszki powietrznej, A2 – czujnik zderzenia bocznej poduszki powietrznej od strony kierowcy, A3 – czujnik zderzenia bocznej poduszki powietrznej od strony pasażera, B1 – zapłonnik poduszki powietrznej od strony kierowcy, B2 – zapłonnik poduszki powietrznej od strony pasażera, B3 – zapłonnik bocznej poduszki powietrznej od strony kierowcy, B4 – zapłonnik bocznej poduszki powietrznej od strony pasażera, B5 – zapłonnik bocznej poduszki powietrznej od strony kierowcy z tyłu, B6 – zapłonnik bocznej poduszki powietrznej od strony pasażera z tyłu, B7 – zapłonnik poduszki powietrznej głowy od strony kierowcy, B8 – zapłonnik poduszki powietrznej głowy od strony pasażera, X41 – wtyczka sterownika poduszki powietrznej AB 7.1, X61 – wtyczka centralnego sterownika komfortu (23 pinowa), X71 – wtyczka zespołu wskaźników, X92 – złącze diagnostyczne.

Tabela 12.2 Kody błędów układu SRS

Kod usterki	Opis
11	Poduszka kierowcy lub pasażera – zwarcie do masy
12	Poduszka kierowcy lub pasażera – zwarcie do plusa zasilania
13	Poduszka kierowcy – zwarcie w obwodzie
14	Poduszka kierowcy – za duża rezystancja w obwodzie
15	Czujnik zderzeń czołowych – prawy
16	Czujnik zderzeń czołowych – lewy
22	Układ lampki kontrolnej – usterka sporadyczna
31	Uszkodzenie wewnętrzne sterownika SRS
32	Czujnik zderzeń bocznych zamontowany na słupku środkowym – prawy
33	Czujnik zderzeń bocznych zamontowany na słupku środkowym – lewy
34	Czujnik zderzeń bocznych zamontowany na drzwiach – prawy
35	Czujnik zderzeń bocznych zamontowany na drzwiach – lewy
41	Poduszka boczna pasażera – zwarcie do masy
42	Poduszka boczna pasażera – zwarcie do plusa
43	Poduszka boczna pasażera – zwarcie w obwodzie
44	Poduszka boczna pasażera – za duża rezystancja w obwodzie
45	Poduszka boczna kierowcy – zwarcie do masy
46	Poduszka boczna kierowcy – zwarcie do plusa
47	Poduszka boczna kierowcy – zwarcie w obwodzie
48	Poduszka boczna kierowcy – za duża rezystancja w obwodzie
51	Poduszka pasażera – zwarcie do masy
52	Poduszka pasażera – zwarcie do plusa zasilania
53	Poduszka pasażera – zwarcie w obwodzie
54	Poduszka pasażera – za duża rezystancja w obwodzie
61	Napinacz pasa kierowcy – zwarcie do masy
62	Napinacz pasa kierowcy – zwarcie do plusa zasilania
63	Napinacz pasa kierowcy – zwarcie w obwodzie
64	Napinacz pasa kierowcy – za duża rezystancja w obwodzie
71	Napinacz pasa pasażera – zwarcie do masy
72	Napinacz pasa pasażera – zwarcie do plusa zasilania
73	Napinacz pasa pasażera – zwarcie w obwodzie
74	Napinacz pasa pasażera – za duża rezystancja w obwodzie

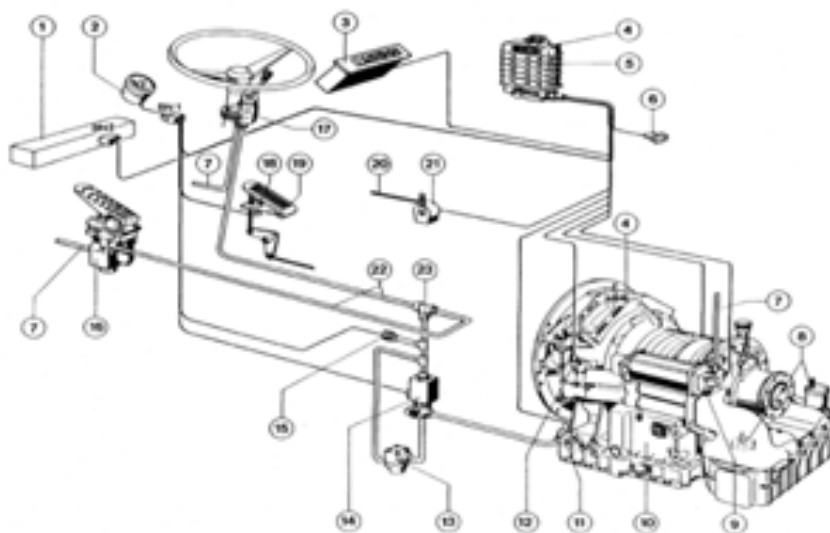
13. UKŁADY ZWIĘKSZAJĄCE KOMFORT

13.1. Automatyczna skrzynia biegów

Automatyczna skrzynia biegów jest połączeniem przekładni hydrokinetycznej (w której przekazywanie napędu odbywa się za pomocą energii cieczy), przekładni planetarnej (czyli tzw. przekładni obiegowej) oraz układu sterowania (rys. 13.1) zawierającego elementy hydrauliczne, pneumatyczne, elektroniczne.

Układ z pełnym sterowaniem hydraulicznym automatycznej skrzyni biegów działa na zasadzie mechanicznego przetwarzania sygnałów: prędkości pojazdu na ciśnienie tzw. regulatorowe i sygnału położenia przepustnicy na ciśnienie dławienia.

Wzajemne zależności tych dwóch ciśnień sterują pracą sprzęgieł i hamulców przekładni planetarnej, powodując zmianę biegów w odpowiedniej chwili, podyk-



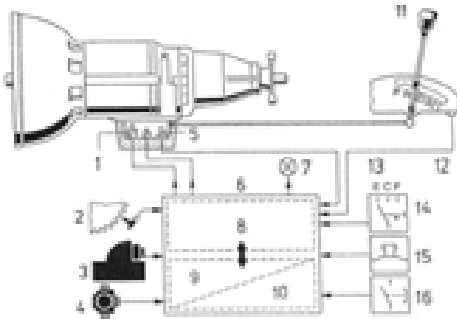
Rys. 13.1. Schemat układu sterującego automatyczną skrzynią biegów [19]:

1 – podłączenie do elektryki pojazdu, 2 – wskaźnik temperatury oleju, 3 – przełącznik zakresów jazdy, 4 – tabliczka znamionowa skrzyni, 5 – elektronika sterująca EST18, 6 – wtyczka podłączeniowa do testera MOBIDIG 200, 7 – podłączenie do układu pneumatycznego pojazdu, 8 – podłączenie do układu chłodzenia wodą, 9 – zawór magnetyczny akumulatora hydraulicznego zwalnicza, 10 – skrzynia ZF-Ecomat, 11 – zawór magnetyczny włączający zwalnicz, 12 – czujnik temperatury oleju, 13 – zawór redukcyjny ciśnienia (1,2 bar), 14 – zawór magnetyczny redukujący moment hamowania zwalnicza, 15 – włącznik ciśnieniowy (zwalnicz – sygnał wejściowy dla EST18), 16 – pedał hamulca z zaworem modulacyjnym do włączania hamulca zasadniczego i bezstopniowego włączania zwalnicza, 17 – zawór ręczny do bezstopniowego sterowania zwalniczem, 18 – kick-down, 19 – pedał gazu, 20 – ciągnię do pompy wtryskowej, 21 – nadajnik obciążenia (informacja o stanie obciążenia silnika), 22 – przewód sprzężonego powietrza do sterowania zwalnicza (do wyboru przez 16 lub 17). Przewód powietrzny dla ciśnienia modulowanego (O do 3 bar), 23 – zawór dwukierunkowy

towanej warunkami drogowymi i warunkami pracy silnika.

Członami wykonawczymi są: regulator ciśnienia oraz sterujący zawór elektromagnetyczny. Impulsy sterujące wysyła do nich urządzenie sterujące. W czasie przełączania biegów, urządzenie sterujące przesyła także odpowiedni sygnał do układu zapłonowego.

Elektronicznie sterowany blok napędowy (rys. 13.2) działa nieco odmiennie, jakkolwiek idea sterowania i wykorzystane sygnały są takie same. Sygnały te pochodzą z elektronicznych czujników prędkości pojazdu i położenia przepustnicy i przesyła-



Rys. 13.2. Schemat układu elektronicznego sterowania hydraulicznego zmiennika momentu (skrzynki biegów) w połączeniu z układem Motronic [5]

1 – zawory regulacji ciśnienia i przełączania biegów, 2 – czujnik prędkości obrotowej silnika, 3 – przepływomierz powietrza, 4 – czujnik położenia przepustnicy, 5 – czujnik prędkości obrotowej wału napędowego, 6 – elektroniczne urządzenie sterujące, 7 – lampa sygnalizacji błędów, 8 – układ sterowania przeładni, 9 – układ sterowania zapłonu, 10 – układ sterowania wtrysku, 11 – dźwignia wybieraka położenia roboczego skrzynki biegów, 12 – wyłącznik sygnalizacji położenia wybieraka, 13 – elektroniczny programator funkcji (ECF), 14 – przełącznik programatora, 15 – funkcja „kick-down”, 16 – wspomaganie podczas ruszania z miejsca

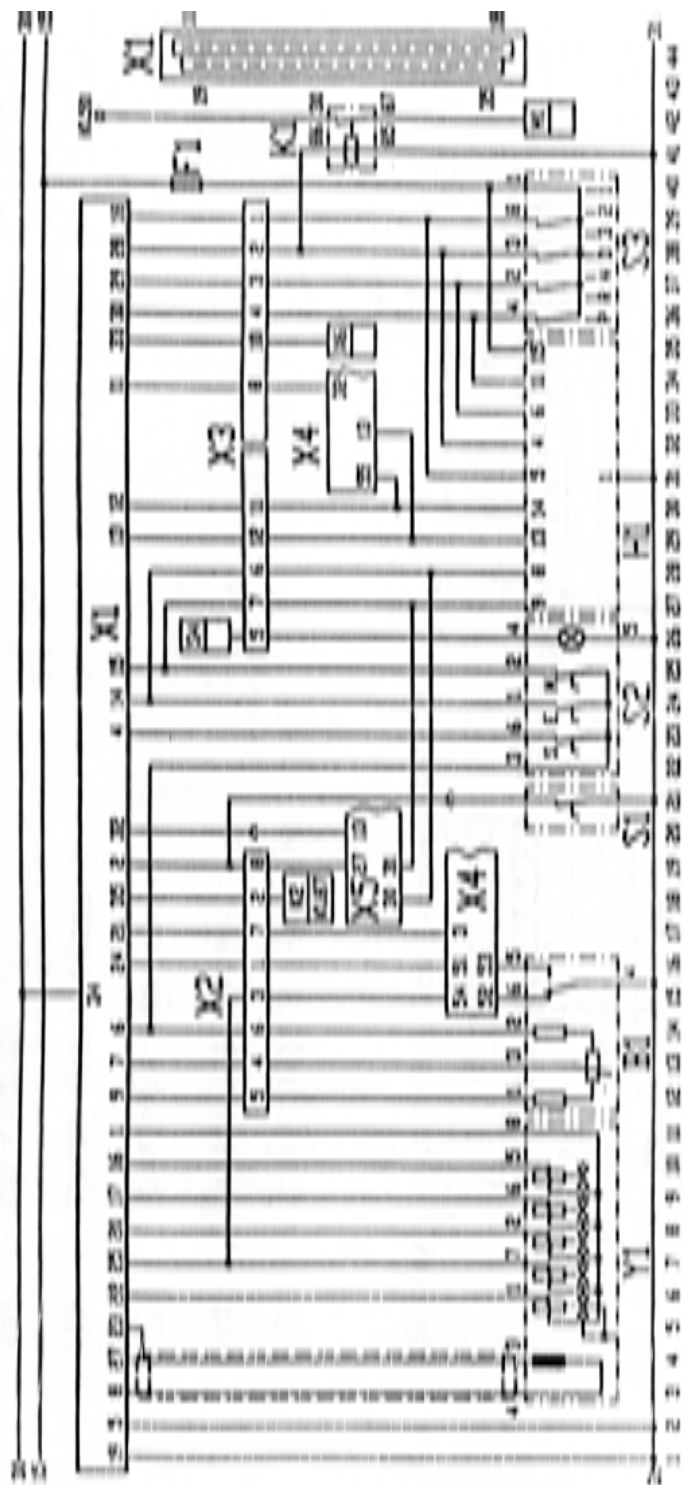
ne są do centralnej jednostki sterującej, która zgodnie z odpowiednim algorytmem i programem zapisanym w jej pamięci steruje elementami wykonawczymi przekładni, a tym samym sprzęgłami i hamulcami, zwalniając lub unieruchamiając odpowiednie elementy przekładni planetarnej.

Sterowanie przekładnią z układem elektronicznym nie jest sztywne – określone powstała w procesie projektowania charakterystyką układu sterującego (tak jak to ma miejsce w przypadku układu hydraulicznego, gdzie sterowanie chwilami przełączania biegów zależy od parametrów modułu zaworów). Zastosowanie algorytmu (czyli sposobu lub drogi postępowania w różnych warunkach), a w konsekwencji programu sterującego, umożliwia sterowanie skrzynią zależnie od potrzeb – zależnie od tego czy poruszamy się w ruchu miejskim, czy też po drodze szybkiego ruchu, czy kierowca wybiera jazdę oszczędną, czy woli wykorzystać maksymalną dynamikę pojazdu, wreszcie, czy poruszamy się po równej i płaskiej drodze, czy też decydujemy się na jazdę terenową po wzniesieniach o dużym kącie nachylenia i nawierzchni o wysokim współczynniku oporów toczenia.

Schematy elektryczne połączeń w samochodzie wyposażonym w elektronicznie sterowany układ napędowy przedstawia rys. 13.3.

13.2. Ograniczniki i regulatory prędkości

Tempomat to połączenie słów angielskich „tempo” i „automat” oznaczająca urządzenie zdolne do utrzymywania niezmiennej, zadanej przez kierowcę prędkości samochodu za pomocą automatycznego sterowania mocą silnika. W miarę



Rys. 13.3. Schemat elektryczny sterowania automatycznymi skrzyniami biegów

B1 – czujnik położenia przepustnicy, F1 – bezpiecznik, K1 – przekaźnik blokujący rozruch, K2 – przekaźnik główny, M1 – rozrusznik, S1 – przełącznik Kick-down, S2 – przyciski programu jazdy, S3 – dźwignia aut. skrzyni biegów, S4 – przełącznik czujnika Motronic, X1 – wtyczka sterownika aut. skrzyni biegów, X2 – 8 pinowe połączenie z ukł. Motronic, X3 – połączenie z elementami deski rozdzielczej, X4 – wtyczka Motronic, X5 – wtyczka ukł. EMS (jeżeli jest ukł. EMS to element B1 nie występuje), X6 – gniazdo diagnostyczne, Y1 – element skrzyni biegów z regulatorem ciążenia oraz czujnikiem prędkości obrot. aut. skrzyni biegów (8 pinowa wtyczka na skrzyni biegów)

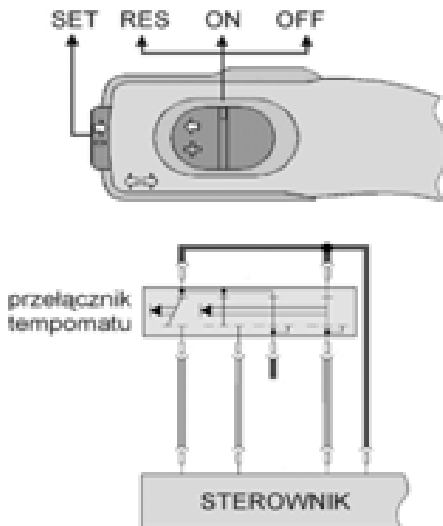
rozwoju elektronicznych układów sterowania, tempomat staje się coraz powszechniejszy, podnosząc komfort długotrwałej jazdy. Nastawnik tempomatu jest urządzeniem przekazującym wolę kierowcy (odnoszącą się do prędkości jazdy) do elektronicznego układu sterowania silnikiem.

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

Przełącznik jest połączony trójprzewodowo ze sterownikiem, który identyfikuje położenie suwaka. Dodatkowy przewód pozwala na określenie chwili naciśnięcia przycisku.

Sygnał nastawnika tempomatu wykorzystywany jest przez sterownik do identyfikacji działań kierowcy:

- wyboru i zapamiętania prędkości SET
- włączenia programu prędkości jazdy ON



Rys. 13.4. Schemat budowy i działania nastawnika tempomatu układu Motronic 3.8 firmy Bosch [23]

- wyłączenia programu OFF
- przywrócenia nastawień i prędkości RES.

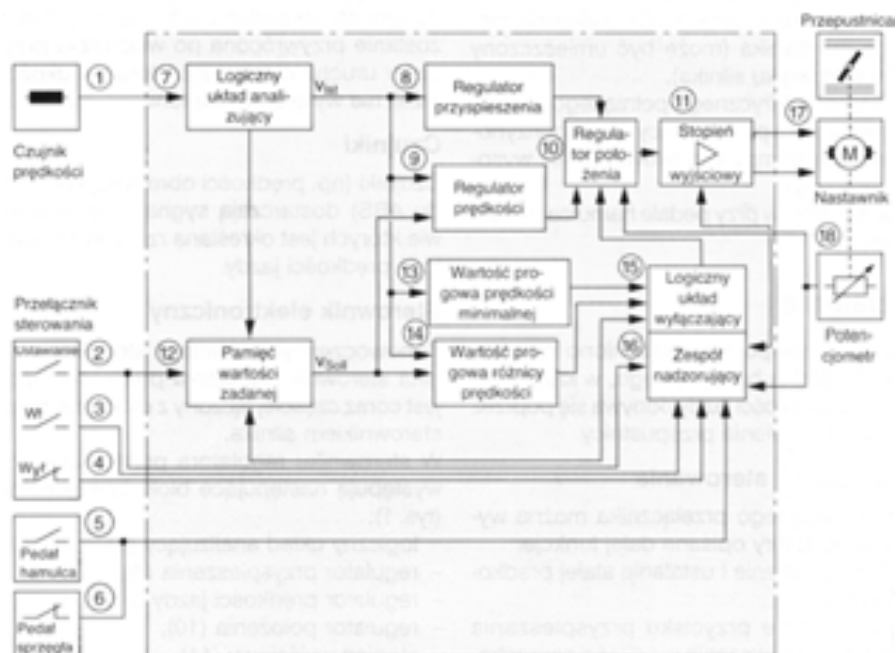
Ustawianie następuje przy pomocy przełącznika umieszczonego na drążku sterowniczym, możliwa do zaprogramowania minimalna prędkość jazdy wynosi 45 km/h. Aby uruchomić program prędkości jazdy, w pierwszej kolejności należy rozpędzić samochód do żądanej prędkości, a następnie ustawić suwak w pozycji ON i nacisnąć przycisk SET. Jednostka sterująca zapamięta aktualną prędkość samochodu i zostanie uruchomiona funkcja tempomatu.

Jeżeli wybrana prędkość jest różna od pożądaną, można dokonać modyfikacji. Aby zwiększyć prędkość, suwak należy przesunąć w położenie RES, aż do chwili osiągnięcia żądanej prędkości, jeżeli prędkość ma być zmniejszona, należy nacisnąć przycisk SET. Po uzyskaniu żądanej prędkości jednostka sterująca uaktywuje program prędkości jazdy i będzie utrzymywać tę prędkość.

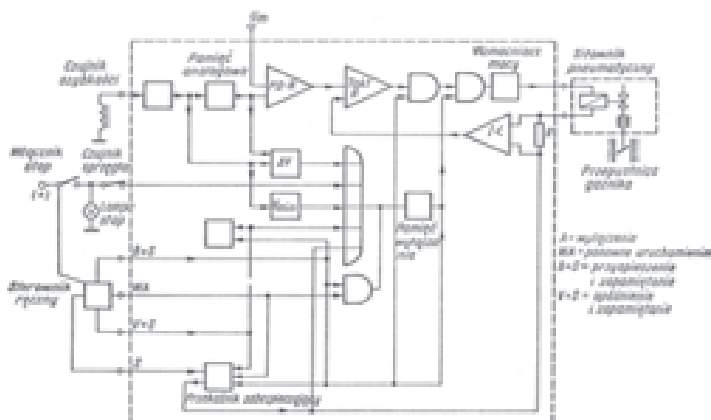
Aktywacja tempomatu następuje jedynie wówczas, gdy wcześniej została nastawiona żądana prędkość jazdy. Może to być zrealizowane dwoma sposobami: poprzez wprowadzenie nowej wartości lub przez utrzymanie suwaka w pozycji RES przez 1 sekundę, a następnie jego zwolnienie.

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.

Schematy blokowe tempomatów przedstawiają rys. 13.5 i 13.6.



Rys. 13.5 Schemat blokowy sterownika regulatora prędkości jazdy [15]

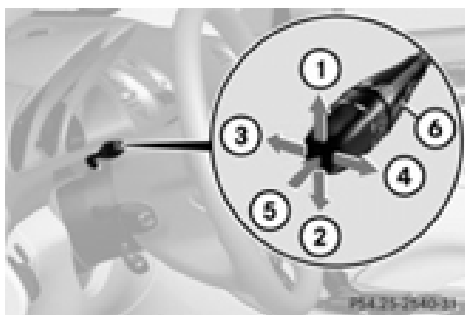


Rys. 13.6. Schemat blokowy stabilizatora szybkości typu Tempomat (VDI)

Wraz z pojawieniem się nowej generacji silników V6 i V8 w Mercedesach klasy E wprowadzono nowy tempomat. Nowość polega na tym, że można programować graniczną prędkość w zakresie od 30 km/h do max. prędkości pojazdu. Włączenie ogranicznika wyklucza działanie tempomatu co jest logiczne ze względu

na różne funkcje jakie pełnią te urządzenia (rys. 13.7).

Ogranicznik działa przy normalnym użytkowaniu pedału przyspieszenia i nie zostaje wyłączony po uruchomieniu hamulca zasadniczego. Zapamiętana prędkość graniczna pozostaje w pamięci po wyłączeniu zapłonu.



Rys. 13.7. Speedtronic – tempomat ze zmiennym ogranicznikiem prędkości [28]

1 – zapamiętuje aktualną prędkość lub ją podwyższa, 2 – zapamiętuje aktualną prędkość lub ją obniża, 3 – wyłącza ogranicznik, 4 – wznowia ostatnio zapamiętane ustawienie ogranicznika, 5 – przełącznik pomiędzy tempomatem, a ogranicznikiem prędkości, 6 – kontrolka LIM.

Po włączeniu funkcji zmiennego ograniczenia prędkości jazdy – na dźwigni świeci się lampka kontrolna LIM, a na wyświetlaczu pojawia się prędkość graniczna na np.: LIM = 40 km/h.

Prędkości jazdy ustalona przez zmiennie ograniczenie może być przekroczone tylko wtedy, gdy pedał gazu będzie maksymalnie wciśnięty: wprowadzona funkcja Kick-down.

Podstawowe funkcje ogranicznika prędkości:

- zwiększanie lub zmniejszanie granicznej prędkości skokowo: co 10 km/h,
- wywołanie z pamięci zapamiętanej, granicznej prędkości jazdy.

Funkcja ograniczenia prędkości będzie aktywna jeżeli różnica pomiędzy prędkością pojazdu a wartością zapamiętaną nie jest większa niż 30 km/h.

Jeżeli układ nie może utrzymać zapamiętanej prędkości (automatyczna redukcja na skrzyni nie jest wystarczająco skuteczna), pojazd jedzie szybciej (np.: stromy zjazd) – rozlegnie się ostrzegawczy

sygnał akustyczny oraz zacznie migać kontrolka „LIM” w zestawie wskaźników.

Ze względów konstrukcyjnych prędkościomierz posiada pewne tolerancje wskazań. Dlatego mogą być widoczne różnice pomiędzy wskazaniem prędkościomierza i ustawionego zmiennego ograniczenia prędkości jazdy

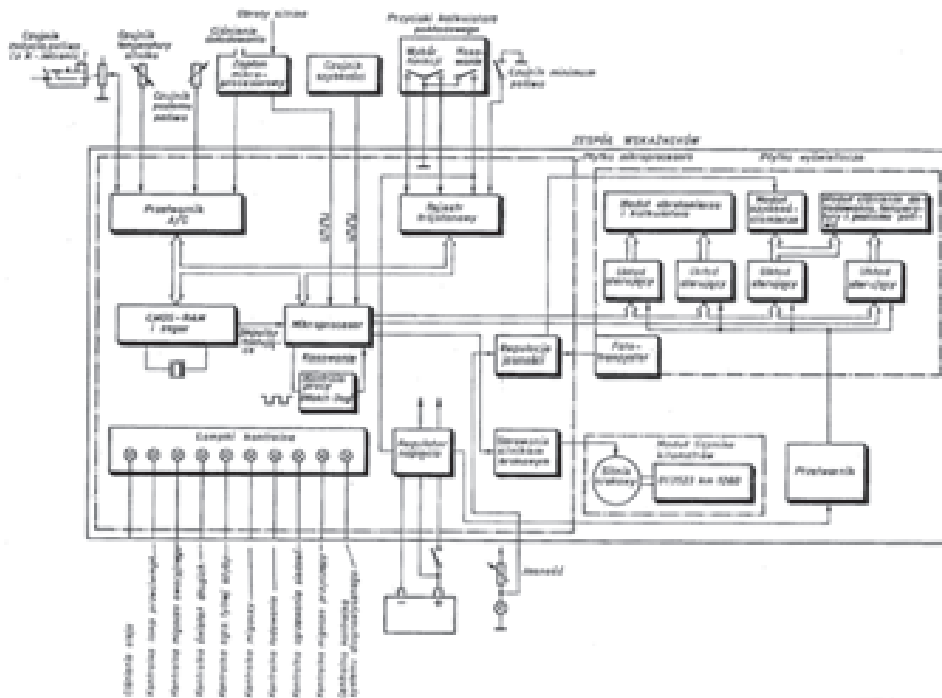
13.3. Komputer pokładowy

Oprócz wskaźników i elementów sterujących odnoszących się przeważnie do funkcji związanych z prowadzeniem samochodu, jest w nim coraz więcej urządzeń do informowania, komunikacji i zwiększenia komfortu jadących. Każde z dodatkowych urządzeń stosowane indywidualnie wymagałoby oddzielnego wskaźnika, osobnego elementu sterującego i odmiennego sposobu sterowania. Ta mnogość i różnorodność urządzeń obciążałaby dodatkowo kierowcę i nie spełniała wymagań dotyczących m.in. bezpieczeństwa ruchu.

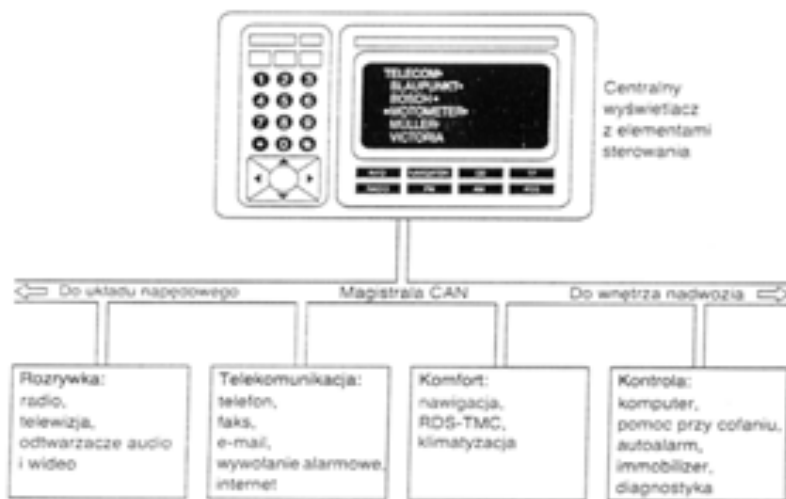
Integracja systemu informacyjnego w samochodzie ma zapewnić kierowcy uproszczoną obsługę i łatwy dostęp do urządzeń informacyjnych o różnym przeznaczeniu (rys. 13.8).

System informacyjny integruje elementy informacji i sterowania w jednym centralnym zespole (rys. 13.9). Dzięki temu większa liczba elementów wejścia i wyjścia może być bardziej ergonomicznie rozmieszczona w samochodzie korzystnie wpływając na bezpieczeństwo ruchu.

Magistrala CAN łącząca poszczególne elementy umożliwia szybką, bezpośrednią, dwukierunkową wymianę informacji między zespołami systemu informacyjnego i wyświetlaczem z elementami sterowania.



Rys. 13.8. Schemat blokowy modułowego zespołu wskaźników samochodu BMW



Rys. 13.9. Budowa systemu informacyjnego w samochodzie [15]

Wprowadzenie podstawowych informacji odbywa się za zwyczaj za pomocą elementów sterowania umieszczonych w bezpośrednim zasięgu kierowcy.

Centralny wyświetlacz (rys. 13.10) służy do przedstawiania przekazów wizualnych, jak np. teksty, obrazy, filmy wideo.



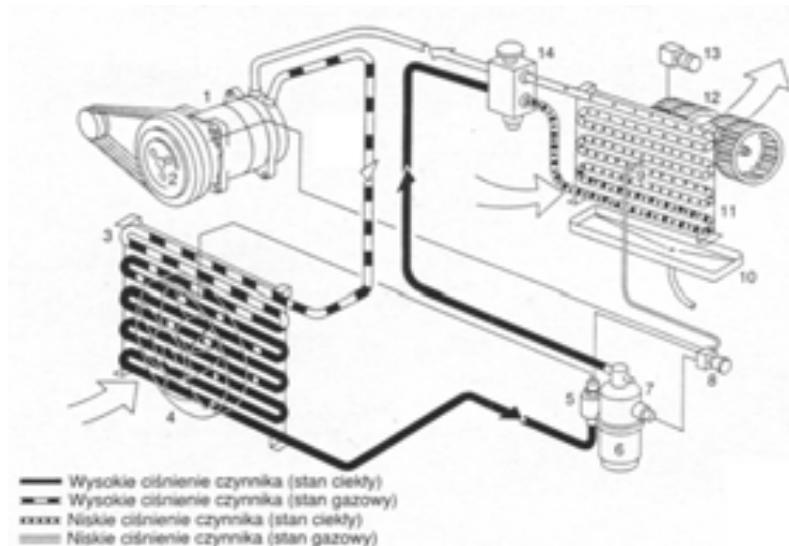
Rys. 13.10. Panel sterowania komputerem pokładowym odpowiadającym standardowi PC z ciekłokrystalicznym kolorowym wyświetlaczem [26]

Ważne informacje (np. nazwa odbieranego nadajnika, strzałka kierunkowa stanowiąca instrukcję nawigacyjną) mogą być wyświetlane kierowcy podczas jazdy bezpośrednio w zestawie wskaźników, mogą też być uzupełniane sygnałami akustycznymi.

Przyszłościowe rozwiązania (stosowane już obecnie lecz na niewielką skalę) przewidują wprowadzanie informacji i dyspozycji sterujących do poszczególnych urządzeń w sposób maksymalnie uproszczony, czyli za pomocą poleceń głosowych.

13.4. Klimatyzacja

Zasada działania instalacji klimatyzacyjnej jest podobna, jak domowej chłodziarki sprężarkowej – urządzenie nie „wytwarza” zimna, ale „usuwa” ciepło. Czynnik roboczy krąży w obiegu zamkniętym. Napędzana od wału korbowego

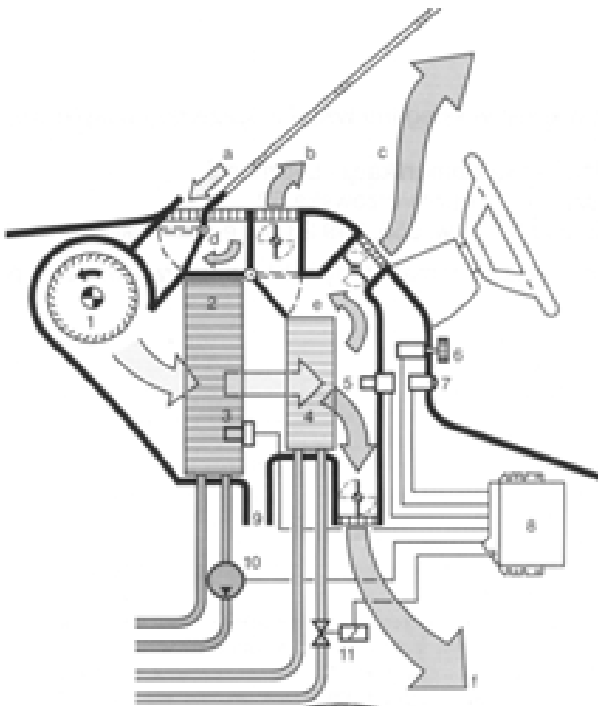


Rys. 13.11. Elementy składowe i obieg czynnika chłodzącego w układzie klimatyzacji [15]

1 – sprężarka, 2 – sprzęgło elektromagnetyczne (do włączania i wyłączania sprężarki), 3 – skraplacz, 4 – dodatkowy wentylator chłodziarki, 5 – czujnik wysokiego ciśnienia, 6 – osuszacz, 7 – czujnik niskiego ciśnienia, 8 – wyłącznik termiczny lub regulator dwupunktowy, 9 – czujnik temperatury, 10 – pojemnik na skropliny, 11 – parownik, 12 – dmuchawa parownika, 13 – wyłącznik dmuchawy, 14 – zawór rozprężny.

silnika sprężarka (kompresor) zasysa go w postaci pary z parownika i tłoczy pod ciśnieniem do skraplacza (kondensatora). Następuje tam skroplenie substancji, połączone z oddawaniem energii cieplnej. Dalej, w trakcie rozprężania, w parowniku ma miejsce przyjmowanie ciepła z otoczenia, czyli oziębianie wnętrza auta. Właściwym przepływem środka chłodzącego steruje zespół zaworów, a ruch powietrza przez wymienniki ciepła (parownik i skraplacz) wymuszają dmuchawy. Budowę i obieg czynnika chłodniczego układu klimatyzacji przedstawia rys. 13.11.

Ze względów konstrukcyjnych parownik i element grzewczy umieszczone są zazwyczaj we wspólnej obudowie, omywanej strumieniem świeżego powietrza, który kolejno przez nie przepływa. Regulacji podlega ilość klimatyzowanego powietrza, jego rozdział na poszczególne strefy (górze – środek – dół, lewa – prawa strona, przednie – tylne siedzenia) oraz temperatura i wilgotność (rys. 13.12). Korozji układu zapobiega zbiornik absorbujący resztki wody, pozostające po zachodzących przemianach



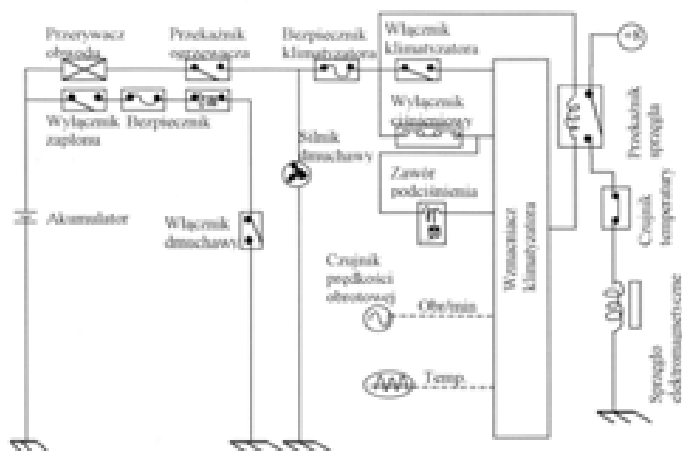
Rys. 13.12. Zasada działania i rozkład powietrza elektronicznie sterowanej klimatyzacji [15]

1 – dmuchawa, 2 – parownik, 3 – czujnik temperatury parownika, 4 – nagrzewnica, 5 – czujnik temperatury powietrza wylotowego, 6 – nastawnik wartości zadanej, 7 – czujnik temperatury wewnątrz samochodu, 8 – sterownik elektroniczny, 9 – szczelina odwodnienia, 10 – sprężarka, 11 – zawór elektromagnetyczny,

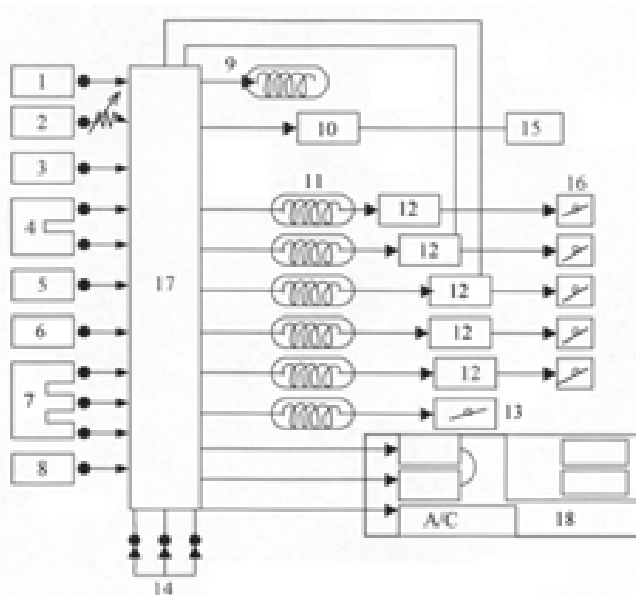
a – dopływ powietrza z zewnątrz, b – nawiew na szyby, c – nawiew do wnętrza, d – powietrze obiegowe, e – obejście, f – nawiew na nogi.

Występują dwa rodzaje sterowania klimatyzacją: tzw. ręczna i automatyczna (rys. 13.13 i 13.14).

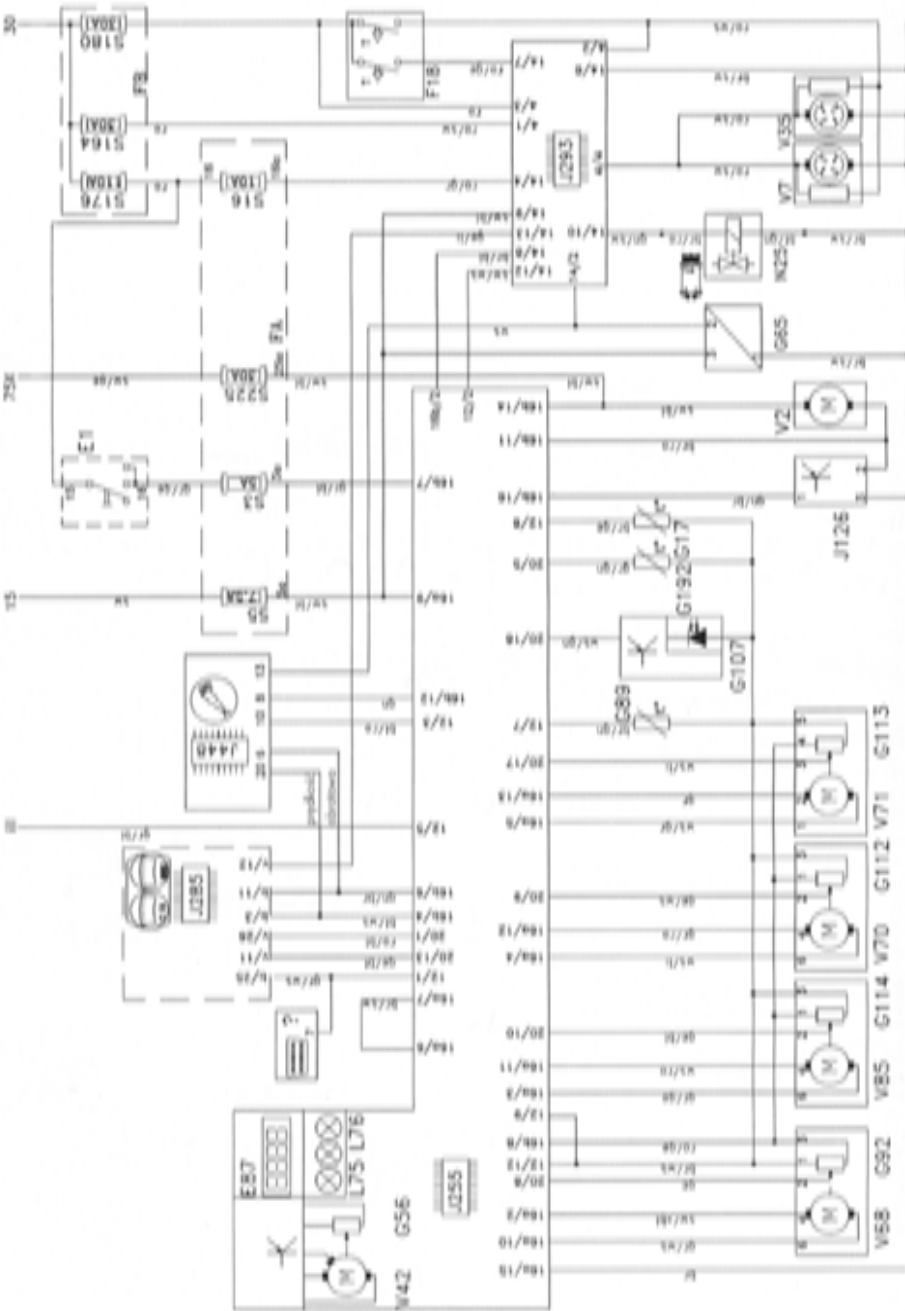
Klimatyzacja „ręczna”, po jej załączeniu przyciskiem AC, jest regulowana przez kierowcę odpowiednim nastawie-



Rys. 13.13. Schemat układu elektronicznego klimatyzacji – typ podstawowy.



Rys. 13.14. Schemat układu elektronicznego klimatyzacji – typ elektroniczny automatycznego systemu:
 1 – przycisk nastawiania temperatury, 2 – regulator nastawiania temperatury, 3 – czujnik nasłonecznienia, 4 – czujnik wewnętrzny, 5 – przełącznik temperatury wody, 6 – czujniki temperatury zewnętrznej, 7 – czujniki w dolotach powietrza 8 – wyłącznik przekroczenia temperatury grzania, 9 – sprężło elektromagnetyczne, 10 – sterowanie silnika dmuchawy, 11 – zawory elektromagnetyczne, 12 – serwomechanizmy, 13 – zawór płynu, 14 – złącze kontrolne do self- diagnostyki, 15 – silnik dmuchawy, 16 – otwory wentylacyjne, 17 – EUS, 18 – wyświetlacz A/C



Rys. 13.15. Automatyka klimatyzacji (Climatronic) VW Golf IV z silnikiem benzynowym 1,4 (oznaczenia w tekście)

E1 – włącznik świateł, E87 – przełącznik układu automatycznej klimatyzacji, G17 – czujnik temperatury zewnętrznej, G56 – czujnik temperatury powietrza (deska rozdzielcza), G89 – czujnik temperatury powietrza dolotowego do wnętrza samochodu, G92 – czujnik położenia kłapy regulacji temperatury, G107 – fotoczujnik nasłonecznienia w środkowej części deski rozdzielczej, G112 – czujnik położenia centralnej kłapy kierunku nawiewu, G113 – czujnik położenia kłapy recyrkulacji powietrza, G114 – czujnik położenia kłapy kierunku nawiewu szyba przednia/nogi, G192 – czujnik temperatury nawiewu powietrza na nogi, J126 – elektroniczny modułsterujący pracą wentylatora dmuchawy, J255 – elektroniczny moduł sterujący automatycznej klimatyzacji Climatronic, J285 – zestaw wskaźników, J293 – moduł sterujący pracą wentylatorów chłodnicy, L75 – podświetlanie wskaźników cyfrowychw zestawie wskaźników, J448 – elektroniczny moduł wtryskowo zapłonowy 4AV, L76 – podświetlanie przycisku otwarcia kłapy wlewu paliwa, przycisków podnośników szyb w drzwiach kierowcy, N25 – elektrosprzęgło w sprężarce klimatyzatora, S3 – bezpiecznik 3 w skrzynce bezpieczników w kabinie, S5 – bezpiecznik 5 w skrzynce bezpieczników w kabinie, S16 – bezpiecznik 16 w skrzynce bezpieczników w kabinie, S225 – bezpiecznik 25 w skrzynce bezpieczników w kabinie, S164 – bezpiecznik 3 w skrzynce w komorze silnika, S176 – bezpiecznik 4 w skrzynce w komorze silnika, S180 – bezpiecznik 8 w skrzynce w komorze silnika, V2 – silnik wentylatora dmuchawy, V7 – silnik wentylatora chłodnicy, V35 – silnik wentylatora chłodnicy, V42 – wentylator czujnika temperatury wnętrza, V68 – silnik kłapy regulacji temp. powietrza, V70 – silnik kłapy centralnej kierunku nawiewów, V71 – silnik kłapy regulacji nawiewu powietrza, V85 – silnik kłapy kierunku nawiewu przednia szyba/nogi.

niem prędkości obrotowej dmuchawy wnętrza oraz odpowiednim ustawieniem rozdziału powietrza na żądane kierunki jego wlotu do kabiny. Zwiększenie prędkości pracy dmuchawy zwiększa przepływ powietrza przez zimny parownik, co w konsekwencji prowadzi do uzyskania w kabinie niższej temperatury.

W klimatyzacji „automatycznej” kierowca nastawia na sterowniku żadaną temperaturę, a układ automatycznie włącza w razie potrzeby kompresor klimatyzatora, reguluje prędkość obrotową dmuchawy i steruje rozdziałem powietrza na odpowiednie kierunki jego wlotu celem osiągnięcia żądanej temperatury wewnątrz kabiny. (schemat elektryczny układu Climatronic przedstawia rys. 13.15). Ponadto kierowca może ingerować w działanie automatyki, wybierając ręcznie na sterowniku preferowane przez niego opcje (np. osuszanie szyby przedniej).

Po wstępnym przewietrzeniu kabiny należy pamiętać o zamknięciu okien pojazdu dla usprawnienia pracy klimatyzacji oraz dla zaoszczędzenia paliwa, a w konsekwencji pieniędzy.

13.5. Zabezpieczenia przed kradzieżą

Autoalarm jest to zestaw składający się z EUS sterowanego zdalnie pilotem radiowym lub podczerwienią, czujników włamania i syreny. Może być uzupełniony: radiopowiadomieniem, zaworem paliwa, przekaźnikami blokującymi obwody rozruchu i zapłonu, rezerwowym akumulatorem, sterownikiem siłowników zamka centralnego, sterownikiem napędu szyb. Stosuje się również, sprzężone z pilotem autoalarmu, moduły do otwierania bramy, garażu, uzbrajania alarmu domowego.

Systemy te można podzielić na: kompaktowe, czyli syrena i EUS w jednej obudowie, oraz modułowe.

Sygnalizacje alarmowe mogą, przykładowo, składać się z następujących modułów:

- układ podstawowy (alarmowanie w razie otwarcia drzwi, pokrywy bagażnika lub pokrywy przedziału silnika przez osobę niepowołaną, wyjęcia radiodiodobiornika lub próby uruchomienia silnika, wybicia szyby),
- ochrona przestrzeni wewnętrznej za pomocą ultradźwięków,
- zabezpieczenie kół i ochrona przed odholowaniem

Celem stosowania zabezpieczenia przed kradzieżą jest ochrona samochodu przed niepowołanym użyciem, dlatego powinno ono uniemożliwić uruchomienie oraz jazdę bez upoważnienia.

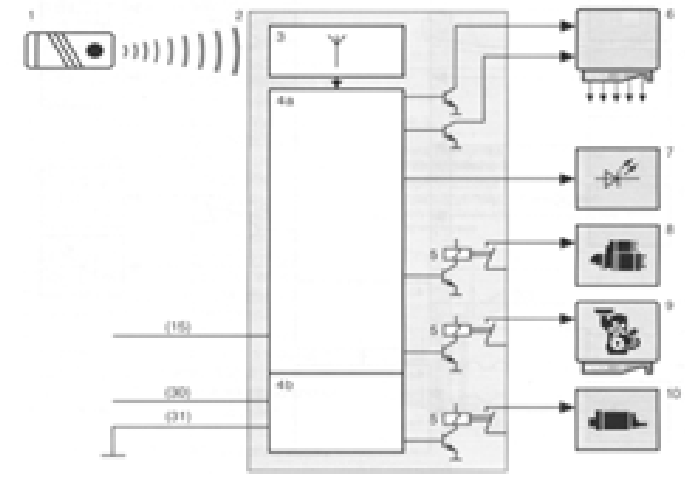
W elektrycznym układzie zabezpieczenia przed kradzieżą za pomocą przełączników zostaje rozłączonych kilka obwodów niezbędnych do uruchomienia samochodu (rys. 13.16).

Najczęściej są przerywane trzy obwody:

- układu rozruchu,
- zasilania paliwem,
- układu zapłonowego lub dopływu paliwa do pompy wtryskowej silnika wysokoprężnego.

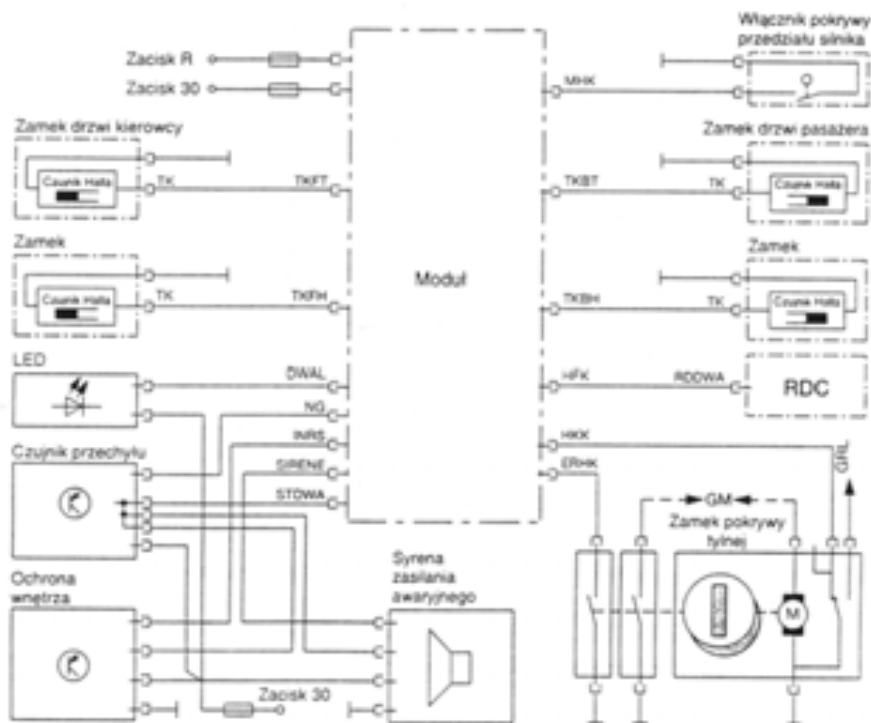
Na rys. 13.17 został przedstawiony schemat połączeń układu alarmowego, fabrycznie montowanego w samochodach BMW serii 3.

Autoalarm „pilnuje” wszystkich drzwi, pokrywy przedziału silnika, pokrywy bagażnika, ruchów pojazdu (za pomocą czujnika przechyłów), wnętrza kabiny (za pomocą czujników ruchu), kół pojazdu, wykrywa manipulacje przy akumulatorze oraz zapłonie (zacisk R).



Rys. 13.16. Zabezpieczenie samochodu przed kradzieżą z otwartymi obwodami [15]

1 – nadajnik (zdalne sterowanie), 2 – sterownik zabezpieczenia przed kradzieżą, 3 – odbiornik (zdalne sterowanie), 4 – mikroprocesor (a) z podłączeniem akumulatora (b), 5 – przełącznik, 6 – centralne blokowanie drzwi, 7 – dioda kontrolna, 8 – układ rozruchu, 9 – sterownik pracy silnika, 10 – elektryczna pompa paliwa silnika benzynowego (lub dopływ paliwa do pompy wtryskowej silnika wysokoprężnego)



Rys. 13.17. Schemat połączeń autoalarmu ZKE-V [2]

Ponadto wszystkie podzespoły autoalarmu są umieszczone w trudno dostępnych miejscach. Odnosi się to szczególnie do syreny zasilania awaryjnego, która uniemożliwia szybkie zablokowanie alarmu przez osobę niepowołaną. Natomiast dobrze widoczna jest dioda świecąca, która sygnalizuje aktywność alarmu i ma za zadanie odstraszać ewentualnego złodzieja.

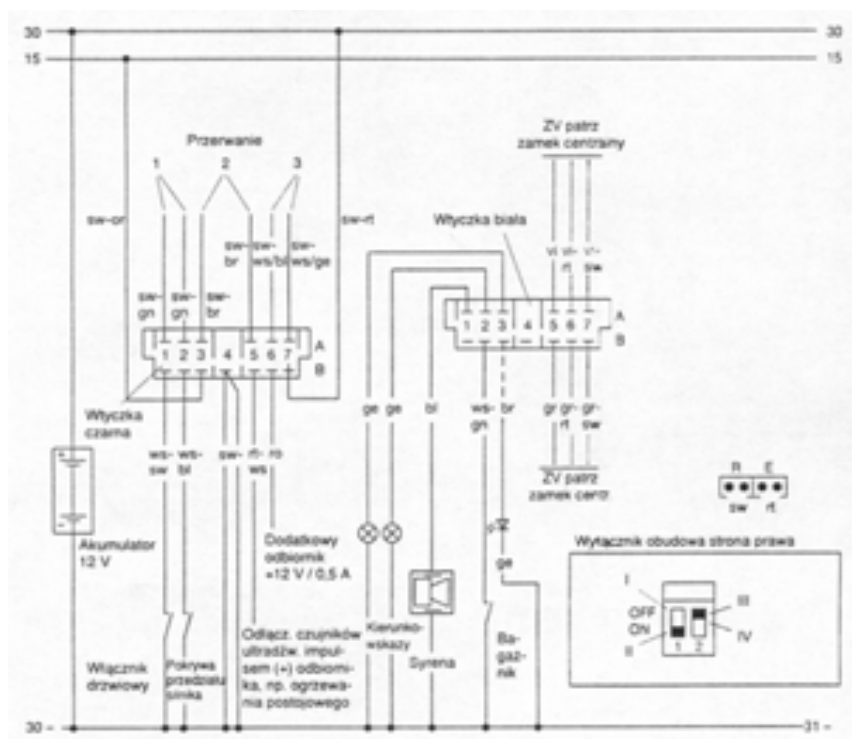
Włączanie i wyłączanie autoalarmu odbywa się za pomocą sygnałów z zamka centralnego lub tylko z kodowanego pilota.

Oprócz autoalarmu samochody mogą być fabrycznie lub dodatkowo wyposażone w immobilizer, czyli elektroniczną blokadę, która uniemożliwia uruchomienie samochodu (rys. 13.18).

13.6. Nawigacja satelitarna

Samochodowy system nawigacyjny to połączenie komputera z odbiornikiem sygnałów nadawanych przez sieć amerykańskich satelitów wojskowych (GPS – Global Positioning System) i z cyfrowymi mapami drogowymi zapisanymi na płytach CD. GPS to dwadzieścia cztery satelity, rozmieszczone na orbitach w ten sposób, że w każdym punkcie kuli ziemskiej można stale odbierać sygnał czterech z nich.

Działanie systemu polega na porównywaniu różnicy w czasie dotarcia do odbiornika sygnału radiowego z co najmniej trzech satelitów, co pozwala na ustalenie odległości od nich i wyliczenie aktualnego położenia geograficznego, łącznie z wysokością nad poziomem morza.



Rys. 13.18. Schemat połączeń alarmu niefabrycznego połączonego z immobilizem [2]

I – ton ciągły, II – ton przerywany, III – kontrola wł/wyłączenia przez aktywne kierunkowskazy, IV – kontrola wł/wyłączenia przez nieaktywne kierunkowskazy

Wyjścia AB wtyczek czarnej i białej dla zabezpieczenia styków mogą być przydzielone do minusa lub plusa.

————— przyłącze nie przydzielone. Trzeba najpierw poprowadzić przewód.

Oznaczenia kolorów: bl = niebieski, br = brązowy, ge = żółty, gr = szary, or = pomarańczowy, ro = różowy, sw = czarny, vi = fioletowy, gr-rt = szaro-czerwony, gr-sw = szaro-czarny, sw-bn = czarno-brązowy, sw-gn = czarno-zielony, sw-ws/bl = czarno-biały/niebieski, sw-ws/ge = czarno-biały/żółty, sw-or = czarno-pomarańczowy, sw-rt = czarno-czerwony, rt-ws = czerwono-biały, vi-rt = fioletowo-czerwony, vi-sw = fioletowo-czarny, ws-bl = biało-niebieski, ws-gn = biało-zielony, s-sw = biało-czarny

W celu określenia własnego położenia układy lokalizujące porównują w sposób ciągły zapisaną w pamięci sieć dróg z przemieszczeniami samochodu i automatycznie korygują odchylenia.

GPS zapewnia dwa poziomy dokładności: Dokładny Serwis Pozycyjny (PPS – Precise Positioning Service) zapewniający dane o pozycji i czasie o dużej dokładności, dostępne tylko dla autoryzowa-

nych użytkowników oraz Standardowy Serwis Pozycyjny (SPS – Standard Positioning Service) mniej dokładny, lecz dostępny dla wszystkich bez opłat abonamentowych.

Od pierwszego maja 2000 roku rząd Stanów Zjednoczonych przestał zakłócać częstotliwość dostępną dla wszystkich użytkowników. Dokładność pozycjonowania nie przekracza 10 metrów.



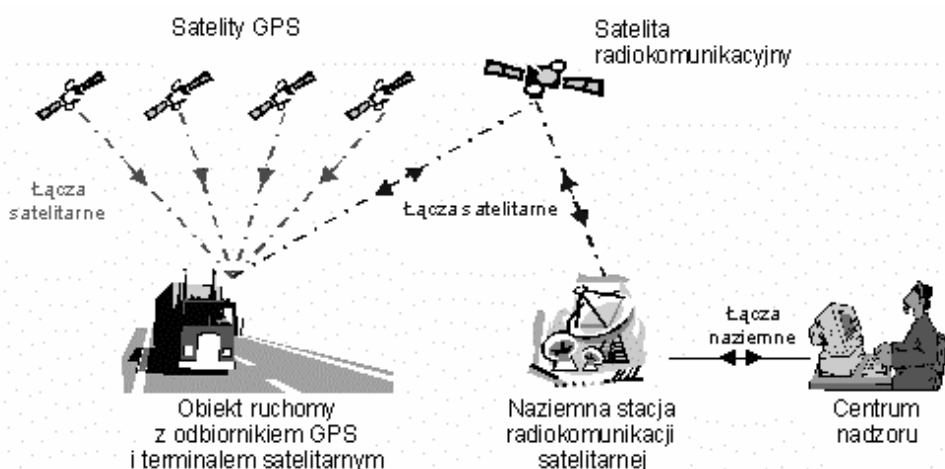
Rys. 13.19. Trasa pojazdu wyświetlana na ciekłokrystalicznym monitorze [26]

Komputer wykorzystuje dane z odbiornika GPS i z płyty CD, żeby wyświetlić na ekranie fragment mapy z aktualnym położeniem samochodu (rys. 13.19). Kierowca może zaprogramować cel podróży i wtedy komputer wskaże mu drogę do celu, łącznie z informacjami o tym, gdzie należy w danym momencie skręcić. Jeśli kierowca nie zauważy sygnału,

komputer oblicza nową trasę i wskazuje odpowiednie miejsce skrętu. Zapowiadanym jest zastąpienie płyt CD, na których mieści się za mało informacji (na ogół zawierają mapę jednego większego lub paru mniejszych państw) płytami DVD. Na takim krążku będzie można umieścić cały atlas samochodowy Europy.

System ten można połączyć z automatycznym uaktualnianiem informacji o zmianach w ruchu drogowym (remonty dróg, korki, objazdy) i wtedy komputer będzie informował kierowcę o nowej trasie.

Połączenie komputera z alarmem i telefonem komórkowym daje jeszcze większe możliwości. W wypadku awarii komputer automatycznie wezwie pomoc, podając aktualne położenie samochodu. Podobny sygnał, wysłany po uruchomieniu alarmu, poinformuje właściciela o włamaniu do auta lub pozwoli na jego zlokalizowanie po kradzieży. Firmy transportowe wykorzystują ten system do kontrolowania ruchu TIR-ów (rys. 13.20).



Rys. 13.20. Nadzorowanie transportu za pomocą GPS [25]

Literatura

1. Dziubiński M., Ocioszyński J., Walusiak S. *Elektrotechnika i elektronika samochodowa*. Wydawnictwo Uczelniane Politechniki Lubelskiej, 1999.
2. Herner A. *Elektronika w samochodzie: wybrane układy*. Wydawnictwa Komunikacji i Łączności, Warszawa 2001.
3. Kasedorf J. *Gaźniki*. Wydawnictwa Komunikacji i Łączności, Warszawa 2001.
4. Kasedorf J. *Układy wtryskowe benzyny*. Wydawnictwa Komunikacji i Łączności, Warszawa 2000.
5. Kasedorf J. *Układy wtryskowe i katalizatory*. Wydawnictwa Komunikacji i Łączności, Warszawa 1996.
6. Kasedorf J. *Zasilanie wtryskowe benzyną*. Wydawnictwa Komunikacji i Łączności, Warszawa 1989.
7. Konopiński M. *Elektronika w technice motoryzacyjnej*. WKŁ 1987.
8. Ocioszyński J. *Samochodowe urządzenia elektryczne*. Wydawnictwa Szkolne i Pedagogiczne 1989.
9. Bosch. *Sensoren*. Robert Bosch GmbH. Karlsruhe 1999.
10. Bosch. *Technische Unterrichtung, Elektronisches Benzineinspritzsystem mit Lambda-Regelung L-Jetronic*. Buchversand Herbert Krebs GmbH 1989.
11. Bosch. *Technische Unterrichtung, Elektronisches Benzineinspritzsystem mit Lambda-Regelung Mono-Jetronic*. Buchversand Herbert Krebs GmbH 1991.
12. Bosch. *Technische Unterrichtung, Mechanisches Benzineinspritzsystem mit Lambda-Regelung K-Jetronic*. Buchversand Herbert Krebs GmbH 1985.
13. Bosch. *Technische Unterrichtung, Mechanisch-elektronisches Benzineinspritzsystem mit Lambda-Regelung KE-Jetronic*. Buchversand Herbert Krebs GmbH 1985.
14. Bosch. *Spannungssystem*. Buchversand Herbert Krebs GmbH 1991.
15. *Układy bezpieczeństwa i komfortu jazdy*. Wydawnictwa Komunikacji i Łączności, Warszawa 2000.
16. *Układy wtryskowe Common Rail*. Wydawnictwa Komunikacji i Łączności, Warszawa 2000.
17. *Układy wtryskowe benzyny. T.1. tł. z jęz. wł.* Anna Tylusińska-Kowalska. Warszawa: Auto 1994.
18. *Układy wtryskowe benzyny. T.2. tł. z jęz. wł.* Anna Tylusińska-Kowalska. Warszawa: Auto 1994.
19. Auto Technika Motoryzacyjna – Automatyczna skrzynia biegów.
20. Auto Technika Motoryzacyjna – EDC.
21. Auto Technika Motoryzacyjna Klimatyzacja.
22. Auto Technika Motoryzacyjna – Oświetlenie.
23. www.auto-online.pl
24. www.airbag.com.pl
25. www.logistykafirm.com
26. www.nawigatormia.pl
27. www.studenci.pl
28. www.freespace.and.pl
29. www.idg.pl
30. www.bosch.com
31. Wendeker M. *Systemy badawcze elektronicznie sterowanego silnika o zapłonie iskrowym*. Lubelskie Towarzystwo Naukowe, 1998.
32. Wendeker M. *Adaptacyjna regulacja wtrysku benzyny w silniku o zapłonie iskrowym*. Wydawnictwo Uczelniane Politechniki Lubelskiej, 1998.
33. Wendeker M. *Sterowanie wtryskiem benzyny w silniku samochodowym*. Lubelskie Towarzystwo Naukowe, 1999.
34. Wendeker M. *Sterowanie napelnianiem w silniku samochodowym*. Lubelskie Towarzystwo Naukowe, 1999.
35. Wendeker M. *Sterowanie zapłonem w silniku samochodowym*. Lubelskie Towarzystwo Naukowe, 1999.