



KAPITAŁ LUDZKI
NARODOWA STRATEGIA SPÓJNOŚCI



UNIA EUROPEJSKA
EUROPEJSKI
FUNDUSZ SPOŁECZNY



Wykształceni Technologią

- program doskonalenia nauczycieli zawodu

**Technik mechanik
pojazdów samochodowych**

Człowiek – najlepsza inwestycja

Publikacja jest współfinansowana ze środków Unii Europejskiej w ramach Europejskiego Funduszu Społecznego

„Wykształceni Technologią - program doskonalenia nauczycieli zawodu”

Projekt realizowany w latach 2012/2014

Centrum Promocji Innowacji i Rozwoju

w ramach Programu Operacyjnego Kapitał Ludzki

Priorytet III. Wysoka jakość systemu oświaty,

Działanie 3.4. Otwartość systemu edukacji w kontekście uczenia się przez całe życie

Poddziałanie 3.4.3 Upowszechnianie uczenia się przez całe życie

Treści programowe opracowane przez zespół w składzie:

Ryszard Koprucki

Marek Rechnio

Konrad Trojanowski

Maciej Tułodziecki

Krzysztof Witowski

Białystok, 2014 r.

SPIS TREŚCI

ZAŁOŻENIA ORGANIZACYJNE KURSU	7
Założenia ogólne	8
ZAŁOŻENIA PROGRAMOWE KURSU	11
Plan kursu.....	12
WSTĘP.....	29
3. CZĘŚĆ PODRĘCZNIKOWA.....	31
3.1. Podstawy elektrotechniki i elektroniki samochodowej.....	32
3.1.1. Obwody elektryczne.....	32
3.1.2. Przyrządy pomiarowe i ich podział.....	35
3.2. Podstawy elektronicznych układów sterujących – elementy układów sterowania.....	39
3.2.1. Zagadnienia wstępne.....	39
3.2.2. Czujniki i odbiorniki wartości zadanej.....	40
3.2.3. Magistrala CAN	46
3.3. Sterowanie elektroniczne w silnikach spalinowych	52
3.3.1. Zagadnienia wstępne.....	52
3.3.2. Układy zasilania silników o zapłonie iskrowym.....	52
3.3.3. Wielopunktowe układy wtryskowe silników o zapłonie iskrowym	53
3.3.4. Systemy ograniczenia emisji szkodliwych składników spalin	82
3.3.5. Inne układy sterowania stosowane w silnikach o zapłonie iskrowym (zawieszenie silnika, układ chłodzenia).....	84
3.3.6. Systemy wtryskowe w silnikach z zapłonem samoczynnym.....	85
3.3.7. Wtrysk bezpośredni w silnikach ZS	86
3.3.8. Układy z pompowtryskiwaczami i indywidualnymi pompami wtryskowymi.....	86

3.3.9. Bezpośredni wtrysk paliwa w samochodach osobowych.....	87
3.3.10. Zasobnikowy układ wtryskowy (typu Common Rail)	88
3.3.11. Doładowanie w silnikach o zapłonie samoczynnym	91
3.3.12. Metody poprawy czystości spalin w silnikach ZS.....	94
3.3.13. Systemy podgrzewania ładunku (świece żarowe).....	96
3.4. Sterowanie elektroniczne w samochodowych układach napędowych	100
3.4.1. Zagadnienia wstępne.....	100
3.4.2. Elektronicznie sterowana stopniowa automatyczna skrzynia biegów z zespołami planetarnymi	101
3.4.3. Zautomatyzowana stopniowa dwusprzęgłowa mechaniczna skrzynia biegów o osiach stałych	110
3.4.4. Mechaniczna skrzynia biegów z automatycznym sterowaniem	124
3.4.5. Blokowane mechanizmy różnicowe	130
3.5. Sterowanie elektroniczne w samochodowych układach podwozia samochodu	134
3.5.1. Wstęp.....	134
3.5.2. Elektrohydrauliczny system hamulcowy (EHB/SBC - Sensotronic Brake Control).....	134
3.5.3. Układ przeciwblokujący ABS (Anti-Lock Braekes System).....	136
3.5.4. Układ zapobiegający poślizgowi kół ASR.....	142
3.5.5. Układ stabilizacji toru jazdy	144
3.5.6. Elektryczne hamulce postojowe.....	146
3.5.7. Aktywne układy kierownicze	148
3.5.8. Zawieszania sterowane elektronicznie	153
3.6. Sterowanie elektroniczne w samochodowych układach bezpieczeństwa	163
3.6.1. Zagadnienia wstępne.....	163
3.6.2. Poduszki gazowe	165
3.6.3. Poduszka boczna.....	168
3.6.4. Kurtyna gazowa.....	169
3.6.5. Poduszka pasa bezpieczeństwa	170
3.6.6. Napinacze pasów.....	170
3.6.7. Przypominanie o zapinaniu pasów bezpieczeństwa	172
3.6.8. Systemy klasyfikujące pasażera	173
3.6.9. Czujnik położenia fotela	175
3.6.10. Adaptacyjna kolumna kierownicza	175
3.6.11. Ochrona w razie przewrócenia się pojazdu.....	176
3.6.12. Pirotechniczny odłącznik akumulatora.	177
3.6.13. System Pre-Safe	177

3.6.14. Układy sterowania elementami systemu bezpieczeństwa	178
3.6.15. Generatory gazu poduszek gazowych	181
3.6.16. Wymiana danych	181
3.6.17. Systemy ochrony pieszych.	181
3.6.18. Warunki bezpieczeństwa przy eksploatacji i obsłudze systemów poduszek gazowych.	182
3.7. Techniki diagnostyki i wyszukiwania usterek w samochodowych układach z elektronicznym sterowaniem	184
3.7.1. Diagnostyka pokładowa OBDII/E-OBD	184
3.7.2. Diagnostyka równoległa	190
3.7.3. Urządzenia i przyrządy automatycznej diagnostyki zewnętrznej pojazdów	193
3.7.4. Zintegrowane linie diagnostyki stacjonarnej w badaniu pojazdów samochodowych.	199

**ZAŁOŻENIA
ORGANIZACYJNE
KURSU**

ZAŁOŻENIA OGÓLNE

Wprowadzanie nowych technologii do szeroko rozumianej techniki samochodowej, a zwłaszcza upowszechnienie sterowania elektronicznymi systemami komputerowymi powoduje, że nauczyciele przedmiotów zawodowych i praktycznej nauki zawodu muszą stale doskonalić swój warsztat pracy. Okres ostatnich dwudziestu lat to całkowite upowszechnienie technik, które mogły wcześniej być określone jako „kosmiczne”. Dzięki elektronicznym metodom sterowania do techniki samochodowej wprowadzono wiele rozwiązań, których merytoryczna wartość była od lat bezsporna, a jedynie ograniczenia w ich realizacji przy pomocy dostępnych wówczas metod wydawały się niemożliwe. Dlatego należało wrócić do omówienia ich sensu technicznego i zasad działania wedle reguły: najpierw „dlaczego?”, a dopiero później „jak?”.

Proces dydaktyczny musi być prowadzony w oparciu o nowoczesną technikę i rozwiązania konstrukcyjne. Polega to między innymi na wprowadzaniu do programów nauczania modyfikacji czy innowacji pedagogicznych mających na celu dostosowanie kształcenia do wymagań potencjalnych pracodawców. Obecnie w kształceniu zawodowym pogłębia się przepaść między umiejętnościami nauczonymi w szkole, a kompetencjami potrebnymi na rynku pracy. Podstawową cechą współczesnego rynku pracy w Polsce jest to, iż wymaga on od młodych ludzi, wkraczających w życie zawodowe, coraz wyższych, a zarazem zmieniających się kwalifikacji, czemu nie zawsze potrafią oni sprostać i co z kolei zmniejsza ich szanse na zatrudnienie. Między gospodarką, rynkiem pracy, a kształceniem zawodowym zachodzi sprzężenie zwrotne. Szczególnie widoczne są relacje między rynkiem pracy, a przygotowaniem zawodowym absolwentów różnego typu szkół. Nauczyciele, pomimo dużych chęci, mają ograniczone możliwości praktycznego kontaktu z nowoczesnymi technologiami stosowanymi na rynku motoryzacyjnym. Literatura techniczna daje tylko pośrednią orientację odnośnie wymaganego zakresu wiedzy. Jedynie współpraca nauczycieli z inżynierami i technikami zatrudnionymi w sieciach obsługi samochodów pozwoli zapewnić wysoki poziom nauczania w szkołach zawodowych, a tym samym przygotować wykwalifikowanych absolwentów do aktualnych wymagań rynku pracy.

Niniejszy kurs zorientowany jest na nauczycieli praktycznej nauki zawodu i nauczycieli przedmiotów zawodowych, którzy odbywając praktyki w nowoczesnie wyposażonych stacjach obsługi samochodów (stacjach dealerskich) nabędą umiejętności i wiedzę praktyczną w zakresie funkcjonowania, diagnostyki i wykrywania usterek we współczesnych pojazdach samochodowych, z wykorzystaniem nowoczesnej aparatury kontrolno-pomiarowej. Warunkiem ukończenia kursu jest uczestnictwo w co najmniej 80% realizowanych zajęć.

1. Cel ogólny kursu.

- ✓ podniesienie jakości nauczania w szkolnictwie zawodowym i dostosowanie go do wymagań nowoczesnego rynku pracy.

2. Cele szczegółowe.

- ✓ zwiększenie poziomu wiedzy i umiejętności nauczycieli przedmiotów zawodowych i praktycznej nauki zawodu w zakresie nowoczesnych technologii stosowanych w branży samochodowej,
- ✓ zapoznanie nauczycieli z warunkami i specyfiką pracy sieci obsługi i naprawy pojazdów samochodowych,
- ✓ nawiązanie współpracy środowiska nauczycieli szkolnictwa zawodowego z przedsiębiorcami,
- ✓ wypracowanie dobrych praktyk w zakresie doskonalenia nauczycieli przedmiotów zawodowych w odniesieniu do realiów nowoczesnej gospodarki,
- ✓ zapoznanie się nauczycieli z rozwiązaniami w zakresie nowoczesnych technik stosowanych w firmach samochodowych,
- ✓ dostosowanie umiejętności grupy docelowej do aktualnych wymagań branży samochodowej w kontekście kształcenia przyszłych kadr,
- ✓ promowanie kształcenia ustawicznego.

3. Przewidywane efekty.

Po ukończeniu kursu wszyscy uczestnicy powinni nabyć umiejętności w zakresie:

- sprawdzenia działania wskazanego w samochodzie układu,
- wykonania pomiarów służących diagnostyce stwierdzonej niesprawności,
- zastosowania odpowiedniego narzędzia specjalnego – odpowiedniego testera diagnostycznego,
- umiejętności posługiwania się dokumentacją samochodu, w tym schematami elektrycznymi,
- lokalizacji i usunięcia usterki,
- realizacji kontroli poprawności przeprowadzonej naprawy.

4. Struktura kursu.

Uczestnikami kursu są nauczyciele praktycznej nauki zawodu, nauczyciele teoretycznych przedmiotów zawodowych oraz instruktorzy praktycznej nauki zawodu. Zajęcia podzielono na następujące moduły:

- Zajęcia instruktażowe w wymiarze **55 godzin**, prowadzone w wyspecjalizowanych jednostkach szkoleniowych w dwóch etapach: 40+15 godzin;
- Staże w przedsiębiorstwach w wymiarze **120 godzin** – będą prowadzone pod opieką i nadzorem pracowników wykwalifikowanych w branży mechaniki pojazdowej, w dwóch etapach: 80+40 godzin.

5. Uwagi dotyczące realizacji programu.

Program doskonalenia zawodowego nauczycieli został opracowany pod kierunkiem: doradców metodycznych, nauczycieli zawodu, wykładowców wyższych uczelni o profilu technicznym i przedstawicieli firm branży samochodowej. Tematyka i zakres doskonalenia zawodowego jest dostosowana do aktualnych potrzeb w zakresie kształcenia szkolnictwa zawodowego. Główny nacisk położono na zajęcia instruktażowe i staże w przedsiębiorstwach. Uczestnicy szkolenia otrzymają szczegółowy program kursu i materiały pomocnicze w formie publikacji zwartej. Finalna wersja programu będzie udostępniona po korektach na zakończenie kursu.

6. Dokumentacja kursu.

Na dokumentację składają się:

- szczegółowy program kursu,
- harmonogram zajęć,
- procedury i narzędzia ewaluacyjne,
- dziennik zajęć instruktażowych i staży zawodowych.

7. Ewaluacja

Kurs podlega ewaluacji zewnętrznej. O formie metodach ewaluacji kursu decyduje jednostka realizująca badanie.

Głównym celem ewaluacji jest ocena działań projektowych podejmowanych na rzecz grupy docelowej. Ewaluacja winna weryfikować cele szczegółowe obejmujące:

- ocenę adekwatności projektu oraz stopnia w jakim cele projektu odpowiadają problemom zdiagnozowanym we wniosku o dofinansowanie projektu,
- ocenę stopnia realizacji zamierzonych celów projektu,
- ocenę użyteczności oferowanego wsparcia z punktu widzenia uczestników projektu,
- identyfikację barier i problemów związanych z realizacją projektu.

Kryteria ewaluacyjne, które zostaną zastosowane w ramach badania to:

- Trafność (adekwatność) – rozumiana jako ocena zastosowanych w projekcie działań pod kątem realizacji celów projektu;
- Użyteczność – rozumiana jako ocena czy zmiany wywołane realizacją Projektu są korzystne z punktu widzenia jego uczestników i do jakiego stopnia oddziaływanie projektów odpowiada potrzebom grupy docelowej;
- Efektywność – rozumiana jako powiązanie efektów zastosowanych działań w Projekcie z poniesionymi nakładami;
- Trwałość – pozwala ocenić czy uprzednio zaplanowane pozytywne efekty Projektu będą nadal widoczne po zakończeniu jego realizacji.

Udokumentowaniem procesu ewaluacji jest raport. Zespół realizujący kurs uwzględni wnioski i zalecenia wynikające z ewaluacji.

**ZAŁOŻENIA
PROGRAMOWE
KURSU**

Plan kursu

A. ZAJĘCIA INSTRUKTAŻOWE – 40 godzin + 15 godzin = 55 godzin

Budowa i obsługa – Etap I – 40 godzin

1. Pomiary wielkości elektrycznych.		
Efekty realizacji zadania	Materiał kształcenia	L. godz.
<p>Uczestnik: Zna, analizuje oraz interpretuje procesy i zjawiska fizyczne oraz odpowiadające im sygnały elektryczne w obwodach, układach, urządzeniach i elementach elektrotechniki i elektroniki samochodowej. Zna metody, przyrządy pomiarowe oraz urządzenia i systemy diagnostyczne do pomiaru wielkości elektrycznych w instalacjach elektrycznych pojazdów samochodowych.</p>	<ul style="list-style-type: none"> – Przykłady obwodów, symbole, schematy. – Podstawy miernictwa elektrycznego. – Przyrządy pomiarowe: analogowe, cyfrowe, oscyloskop. – Zasady bezpiecznej obsługi urządzeń elektrycznych. 	5
2. Pomiary stosowane w diagnostyce wyposażenia elektrycznego.		
Efekty realizacji zadania	Materiał kształcenia	L. godz.
<p>Uczestnik: Zna urządzenia pomiarowe oraz elementy wyposażenia elektrycznego i elektronicznego przeznaczone dla określonego modelu pojazdu. Interpretuje wyniki pomiarów uzyskanych w postaci wartości liczbowych wielkości elektrycznych, z wydruku lub oscylogramu, dotyczące diagnozowanych elementów, urządzeń, układów i obwodów.</p>	<ul style="list-style-type: none"> – Czujniki i odbiorniki wartości zadanej. – Analogowe i cyfrowe sygnały występujące w pojeździe samochodowym. – Przetworniki A/C i C/A. – Analiza działania bramek logicznych. 	5
3. Budowa i obsługa systemów sterowania silników z zapłonem iskrowym.		
Efekty realizacji zadania	Materiał kształcenia	L. godz.
<p>Uczestnik: Zna budowę, rozróżnia i klasyfikuje systemy sterowania silników z zapłonem iskrowym. Zna systemy ograniczające emisje szkodliwych składników spalin. Zna systemy sterowania rozrządu i geometrii układu dolotowego. Zna zasady bezpieczeństwa szczególnie uwzględniając właściwości paliw. Określa zakres czynności obsługowych.</p>	<ul style="list-style-type: none"> – Przegląd stosowanych konstrukcji, elementów wykonawczych i czujników. – Systemy wtrysku pośredniego i bezpośredniego benzyny. – Systemy ograniczenia emisji szkodliwych składników spalin. – Systemy sterowania układu rozrządu i geometrii układu dolotowego. – Inne układy sterowania stosowane w silnikach o zapłonie iskrowym (zawieszenie silnika, układ chłodzenia). 	5

4. Budowa i obsługa systemów sterowania silników z zapłonem samoczynnym.		
Efekty realizacji zadania	Materiał kształcenia	L. godz.
<p>Uczestnik: Zna systemy sterowania silników z zapłonem samoczynnym. Zna rozwiązania konstrukcyjne silników wolnosących i doładowanych. Zna zasady bezpieczeństwa, szczególnie uwzględniając właściwości paliw. Zna metody poprawy czystości spalin. Określa zakres czynności obsługowych.</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Regulowane elektronicznie układy wtryskowe w silnikach z zapłonem samoczynnym. - Wtrysk bezpośredni w silnikach ZS. - Układy z pompowtryskiwaczami i indywidualnymi pompami wtryskowymi. - Zasobnikowy układ wtryskowy (typu Common Rail). - Silniki wolnosące i doładowane. - Metody poprawy czystości spalin w silnikach ZS. - Układy podgrzewania ładunku (świece żarowe). 	5
5. Budowa i działanie sieci wymiany danych w pojazdach samochodowych.		
Efekty realizacji zadania	Materiał kształcenia	L. godz.
<p>Uczestnik: Zna rodzaje sieci wymiany danych. Zna budowę sieci wymiany danych. Zna klasyfikację i organizację sieci wymiany danych. Zna protokoły komunikacji.</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Sieci: CAN, LIN, MOST, Flex Ray, Bluetooth i inne. - Budowa i działanie sieci wymiany danych. - Klasyfikacja i organizacja sieci. - Systemy transmisji danych. - Protokoły komunikacji. 	5
6. Budowa i obsługa systemów sterowania układów bezpieczeństwa czynnego i biernego.		
Efekty realizacji zadania	Materiał kształcenia	L. godz.
<p>Uczestnik: Zna budowę i zasadę działania poszczególnych systemów bezpieczeństwa. Określa zakres czynności obsługowych.</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Układ przeciwblokujący ABS. - Układ przeciwpoślizgowy ASR. - Układ stabilizacji toru jazdy ESP. - Poduszki gazowe. - Kurtyny gazowe. - Pirotechniczne napinacze pasów. - Systemy ochrony pieszych. - Inne układy bezpieczeństwa czynnego. 	5
7. Budowa i obsługa systemów sterowania w układzie przeniesienia napędu.		
Efekty realizacji zadania	Materiał kształcenia	L. godz.
<p>Uczestnik: Zna budowę poszczególnych elementów układu przeniesienia napędu. Zna działanie systemów sterowania zespołami układu. Określa zakres czynności obsługowych.</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Elektroniczne sterowanie skrzynki przekładniowej. - Bezstopniowa automatyczna skrzynka przekładniowa. - Elektroniczne sterowanie sprzęgła i zautomatyzowana skrzynka przekładniowa. - Regulowane blokady mechanizmu różnicowego. 	5

8. Budowa i działanie układów sterowania stosowanych w układach podwozia (układy hamulcowe i kierownicze).		
Efekty realizacji zadania	Materiał kształcenia	L. godz.
<p>Uczestnik: Zna budowę i zasadę działania poszczególnych elementów układu. Weryfikuje elementy układu. Zna metody pomiaru geometrii kół i osi pojazdu.</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Nowoczesne układy hamulcowe i systemy wspomagające proces hamowania. - Elektryczne hamulce postojowe. - Aktywne układy kierownicze. - Nowoczesne rozwiązania układów zawieszenia kół. - Zawieszenia sterowane elektronicznie. - Elektroniczna regulacja sztywności zawieszenia. - Elektroniczna regulacja tłumienia zawieszenia (amortyzatorów). 	5
RAZEM		40

Diagnostyka – Etap II – 15 godzin

9. Obsługa systemów diagnostycznych pojazdów samochodowych.		
Efekty realizacji zadania	Materiał kształcenia	L. godz.
<p>Uczestnik: Diagnostuje stan techniczny pojazdu, jak i jego poszczególnych zespołów. Określa zakres czynności diagnostycznych. Posługuje się narzędziami, przyrządami pomiarowymi i urządzeniami przeznaczonymi do obsługi wybranego systemu sterowania. Dobiera system diagnostyczny w zależności od producenta pojazdu. Dokonuje odczytu kodów usterek i parametrów rzeczywistych wybranych systemów sterowania. Interpretuje wyniki pomiarów.</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Diagnostyka pokładowa (E-OBD). - Diagnostyka szeregową i równoległą. - Urządzenia i przyrządy automatycznej diagnostyki zewnętrznej pojazdów. 	15
RAZEM		55

B. CZĘŚĆ PRAKTYCZNA**– 80 godzin + 40 godzin = 120 godzin****Etap I – 80 godzin**

1. Pomiary wielkości elektrycznych.		
Efekty realizacji zadania	Materiał kształcenia	L. godz.
<p>Uczestnik: Analizuje i interpretuje procesy i zjawiska fizyczne oraz odpowiadające im sygnały elektryczne w obwodach, układach, urządzeniach i elementach elektrotechniki i elektroniki samochodowej. Poznaje metody, przyrządy pomiarowe oraz urządzenia i systemy diagnostyczne do pomiaru wielkości elektrycznych w instalacjach elektrycznych pojazdów samochodowych.</p>	<ul style="list-style-type: none"> – Symbole, schematy, przykłady obwodów. – Podstawy miernictwa elektrycznego. – Uniwersalne przyrządy pomiarowe: analogowe, cyfrowe. – Wykorzystanie oscyloskopu do obserwacji przebiegów napięcia i prądu elektrycznego. – Zasady bezpiecznej obsługi urządzeń elektrycznych. 	8
2. Pomiary stosowane w diagnostyce wyposażenia elektrycznego.		
Efekty realizacji zadania	Materiał kształcenia	L. godz.
<p>Uczestnik: Dobiera urządzenia pomiarowe oraz elementy wyposażenia elektrycznego i elektronicznego przeznaczone dla określonego modelu pojazdu w oparciu o instrukcje i katalogi. Interpretuje wyniki pomiarów uzyskanych w postaci wartości liczbowych wielkości elektrycznych, z wydruku lub oscylogramu, dotyczące diagnostycznych elementów, urządzeń, układów i obwodów.</p>	<ul style="list-style-type: none"> – Analiza funkcjonalna systemu: schematy blokowe, schematy przepływu sygnałów. – Czujniki i odbiorniki wartości zadanej. – Analogowe i cyfrowe sygnały występujące w pojeździe samochodowym. – Przetworniki A/C i C/A. – Analiza działania bramek logicznych. 	8
3. Diagnostyka systemów sterowania silników z zapłonem iskrowym.		
Efekty realizacji zadania	Materiał kształcenia	L. godz.
<p>Uczestnik: Określa zakres czynności diagnostycznych. Posługuje się narzędziami, przyrządami pomiarowymi i urządzeniami przeznaczonymi do obsługi wybranego systemu sterowania. Diagnostuje układ sterowania, dokonuje niezbędnych pomiarów i określa stan instalacji. Przestrzega zasad bezpieczeństwa, szczególnie uwzględniając właściwości paliw.</p>	<ul style="list-style-type: none"> – Przegląd stosowanych konstrukcji, elementów wykonawczych i czujników. – Zintegrowane systemy wtryskowo-zapłonowe. – Systemy wtrysku pośredniego i bezpośredniego benzyny. – Tworzenie mieszanek jednorodnych i uwarstwionych. – Systemy ograniczenia emisji szkodliwych składników spalin. – Systemy sterowania układu rozrządu i geometrii układu dolotowego. – Inne układy sterowania stosowane w silnikach o zapłonem iskrowym (zawieszenie silnika, układ chłodzenia). 	8

4. Diagnostyka systemów sterowania silników z zapłonem samoczynnym.		
Efekty realizacji zadania	Materiał kształcenia	L. godz.
<p>Uczestnik: Określa zakres czynności diagnostycznych. Posługuje się narzędziami, przyrządami pomiarowymi i urządzeniami przeznaczonymi do obsługi wybranego systemu sterowania. Diagnostuje układ sterowania, dokonuje niezbędnych pomiarów i określa stan instalacji. Przestrzega zasad bezpieczeństwa, szczególnie uwzględniając właściwości paliw.</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Regulowane elektronicznie układy wtryskowe w silnikach z zapłonem samoczynnym. - Wtrysk bezpośredni w silnikach ZS. - Układy z pompowtryskiwaczami i indywidualnymi pompami wtryskowymi. - Zasobnikowy układ wtryskowy (typu Common Rail). - Silniki wolnossące i doładowane. - Metody poprawy czystości spalin w silnikach ZS. - Układy podgrzewania ładunku (świece żarowe). 	8
5. Diagnostyka sieci wymiany danych w pojazdach samochodowych.		
Efekty realizacji zadania	Materiał kształcenia	L. godz.
<p>Uczestnik: Diagnostuje stan sieci wymiany danych. Dokonuje pomiarów elektrycznych. Interpretuje wyniki pomiarów, analizuje je i określa ewentualne konflikty. Określa przyczyny niesprawności. Używa urządzeń do testowania i symulacji usterek sieci wymiany danych.</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Sieci: CAN, LIN, MOST, Flex Ray, Bluetooth i inne. - Budowa i działanie sieci wymiany danych. - Klasyfikacja i organizacja sieci. - Systemy transmisji danych. - Protokoły komunikacji. 	8
6. Diagnostyka systemów sterowania układów bezpieczeństwa czynnego i biernego.		
Efekty realizacji zadania	Materiał kształcenia	L. godz.
<p>Uczestnik: Dobiera metody diagnozowania i przyrządy kontrolno-pomiarowe właściwe dla badanego systemu bezpieczeństwa. Posługuje się narzędziami, przyrządami i urządzeniami przeznaczonymi do diagnostyki i obsługi danego systemu bezpieczeństwa. Interpretuje wyniki pomiarów, analizuje i określa ewentualne niesprawności. Określa przyczyny potencjalnych usterek.</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Układ przeciwblokujący ABS. - Układ przeciwpoślizgowy ASR. - Układ stabilizacji toru jazdy. - Poduszki gazowe. - Kurtyny gazowe. - Pirotechniczne napinacze pasów. - Systemy ochrony pieszych. - Inne układy poprawy bezpieczeństwa czynnego. 	8
7. Obsługa układu przeniesienia napędu.		
Efekty realizacji zadania	Materiał kształcenia	L. godz.
<p>Uczestnik: Określa zakres czynności obsługowych układu napędowego. Dobiera materiały eksploatacyjne stosownie do zakresu wykonywanej obsługi.</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Elektroniczne sterowanie skrzynki przekładniowej. - Bezstopniowa automatyczna skrzynka przekładniowa. - Elektroniczne sterowanie sprzęgła i zautomatyzowana skrzynka przekładniowa. 	

<p>Posługuje się narzędziami, przyrządami i urządzeniami przeznaczonymi do obsługi zespołów układu napędowego. Rozpoznaje usterki i uszkodzenia układów na podstawie oceny organoleptycznej. Diagnostuje stan techniczny układu jak i jego poszczególnych zespołów.</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Regulowane blokady mechanizmu różnicowego. - Sygnały wejściowe i wyjściowe w urządzeniu sterującym. - Blokady elektrohydrauliczna i elektromagnetyczna. - Obwód elektryczny elektromagnetycznej blokady w układzie napędowym. 	16
8. Diagnostyka i obsługa układów sterowania stosowanych w układach podwozia (układy hamulcowe i kierownicze).		
Efekty realizacji zadania	Materiał kształcenia	L. godz.
<p>Uczestnik: Określa zakres czynności obsługowych. Dobiera metody diagnostyki układu. Weryfikuje elementy układu hamulcowego. Określa zużycie i przydatność płynu hamulcowego. Ocenia jakość wykonanej obsługi poprzez pomiar sił hamowania na stanowisku kontrolnym. Diagnostuje stan układu kierowniczego. Określa stan przekładni kierowniczej. Ocenia sprawność układu wspomagającego. Kontroluje stan połączeń kulowych układu. Dokonuje pomiaru geometrii kół i osi pojazdu.</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Nowoczesne układy hamulcowe i systemy wspomagające proces hamowania. - Elektryczne hamulce postojowe. - Aktywne układy kierownicze. - Nowoczesne rozwiązania układów zawieszenia kół. - Zawieszenia sterowane elektronicznie. - Elektroniczna regulacja sztywności zawieszenia. - Elektroniczna regulacja tłumienia zawieszenia (amortyzatorów). 	16
RAZEM		80

Etap II – 40 godzin

9. Obsługa systemów diagnostycznych pojazdów samochodowych.		
Efekty realizacji zadania	Materiał kształcenia	L. godz.
<p>Uczestnik: Diagnostuje stan techniczny pojazdu jak i jego poszczególnych zespołów. Określa zakres czynności diagnostycznych. Posługuje się narzędziami, przyrządami pomiarowymi i urządzeniami przeznaczonymi do obsługi wybranego systemu sterowania. Dobiera systemy diagnostyczne w zależności od producenta pojazdu. Dokonuje odczytu kodów usterek i parametrów rzeczywistych wybranych systemów sterowania. Interpretuje wyniki pomiarów.</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Diagnostyka pokładowa (E-OBD). - Diagnostyka szeregowa i równoległa. - Urządzenia i przyrządy automatycznej diagnostyki zewnętrznej pojazdów. 	40
RAZEM		40

A. ZAJĘCIA INSTRUKTAŻOWE – 55 godzin

A.1. Pomiary wielkości elektrycznych.

Cele:

Każdy słuchacz kursu powinien:

- poznać metody pomiaru wielkości elektrycznych oraz stosowane do instalacji samochodowych narzędzia pomiarowe.

Materiał kształcenia:

- podstawy miernictwa elektrycznego,
- przykłady obwodów symbole, schematy,
- przyrządy pomiarowe: analogowe, cyfrowe, oscyloskop,
- podstawowe zespoły,
- zasady bezpiecznej obsługi urządzeń elektrycznych.

Osiągnięcia:

W wyniku procesu kształcenia słuchacz powinien umieć:

- analizować oraz interpretować procesy i zjawiska fizyczne oraz odpowiadające im sygnały elektryczne w obwodach, układach, urządzeniach i elementach elektrotechniki i elektroniki samochodowej,
- znać metody, przyrządy pomiarowe oraz urządzenia i systemy diagnostyczne do pomiaru wielkości elektrycznych w instalacjach elektrycznych pojazdów samochodowych.

A.2. Pomiary stosowane w diagnostyce wyposażenia elektrycznego.

Cele:

Każdy słuchacz kursu powinien:

- poznać metody pomiarowe stosowane w instalacjach samochodowych i odpowiednie narzędzia pomiarowe.

Materiał kształcenia:

- analiza funkcjonalna systemu: schematy blokowe, schematy przepływu sygnałów,
- czujniki i odbiorniki wartości zadanej,
- analogowe i cyfrowe sygnały występujące w pojeździe samochodowym,
- przetworniki A/C i C/A,
- analiza działania bramek logicznych.

Osiągnięcia:

W wyniku procesu kształcenia słuchacz powinien umieć:

- dobierać urządzenia pomiarowe oraz elementy wyposażenia elektrycznego i elektronicznego przeznaczone dla określonego modelu pojazdu w oparciu o instrukcje i katalogi,

- interpretować wyniki pomiarów uzyskanych w postaci wartości liczbowych wielkości elektrycznych, z wydruku lub oscylogramu, dotyczące diagnozowanych elementów, urządzeń, układów i obwodów.

A.3. Budowa i obsługa systemów sterowania silników z zapłonem iskrowym.

Cele:

Każdy słuchacz kursu powinien:

- poznać budowę i działanie systemów sterowania silnikiem ZI.

Materiał kształcenia:

- przegląd stosowanych konstrukcji, elementów wykonawczych i czujników,
- systemy wtrysku pośredniego i bezpośredniego benzyny,
- systemy ograniczenia emisji szkodliwych składników spalin,
- systemy sterowania układu rozrządu i geometrii układu dolotowego,
- inne układy sterowania stosowane w silnikach o zapłonie iskrowym.

Osiągnięcia:

W wyniku procesu kształcenia słuchacz powinien umieć:

- znać budowę, rozróżniać i klasyfikować systemy sterowania silników z zapłonem iskrowym,
- znać systemy ograniczające emisje szkodliwych składników spalin,
- znać systemy sterowania rozrządu i geometrii układu dolotowego,
- znać zasady bezpieczeństwa szczególnie uwzględniając właściwości paliw,
- określać zakres czynności obsługowych.

A.4. Budowa i obsługa systemów sterowania silników o zapłonie samoczynnym.

Cele:

Każdy słuchacz kursu powinien:

- poznać budowę i działanie systemów sterowania silnikiem ZS.

Materiał kształcenia:

- regulowane elektronicznie układy wtryskowe w silnikach ZS,
- wtrysk bezpośredni w silnikach ZS,
- układy z pompowtryskiwaczami i indywidualnymi pompami wtryskowymi,
- zasobnikowy układ wtryskowy (typu Common Rail),
- silniki wolnossące i doładowane,
- metody poprawy czystości spalin w silnikach ZS,
- układy podgrzewania ładunku (świece żarowe).

Osiągnięcia:

W wyniku procesu kształcenia słuchacz powinien umieć:

- znać systemy sterowania silników z zapłonem samoczynnym,
- znać rozwiązania konstrukcyjne silników wolnossących i doładowanych,
- znać zasady bezpieczeństwa szczególnie uwzględniając właściwości paliw,
- znać metody poprawy czystości spalin,
- określić zakres czynności obsługowych.

A.5. Diagnostyka sieci wymiany danych w pojazdach samochodowych.

Cele:

Każdy słuchacz kursu powinien:

- poznać funkcjonowanie samochodowych systemów komunikacji sieciowej.

Materiał kształcenia:

- sieci: CAN, LIN, MOST, Flex Ray, Bluetooth i inne,
- budowa i działanie sieci wymianu danych,
- klasyfikacja i organizacja sieci,
- systemy transmisji danych,
- protokoły komunikacji.

Osiągnięcia:

W wyniku procesu kształcenia słuchacz powinien umieć:

- diagnozuje stan sieci wymiany danych,
- dokonuje pomiarów elektrycznych,
- interpretuje wyniki pomiarów, analizuje je i określa ewentualne konflikty,
- określa przyczyny niesprawności,
- używa urządzeń do testowania i symulacji usterek sieci wymiany danych.

A.6. Diagnostyka systemów sterowania układów bezpieczeństwa czynnego i biernego.

Cele:

Każdy słuchacz kursu powinien:

- poznać zasady funkcjonowania samochodowych systemów bezpieczeństwa.

Materiał kształcenia:

- układ przeciwblokujący ABS,
- układ przeciwpoślizgowy ASR,
- układ stabilizacji toru jazdy,
- poduszki gazowe,
- kurtyny gazowe,
- pirotechniczne napinacze pasów,
- systemy ochrony pieszych,
- inne układy poprawy bezpieczeństwa czynnego.

Osiągnięcia:

W wyniku procesu kształcenia słuchacz powinien umieć:

- dobierać metody diagnozowania i przyrządy kontrolno-pomiarowe właściwe dla badanego systemu bezpieczeństwa,
- posługiwać się narzędziami, przyrządami i urządzeniami przeznaczonymi do diagnostyki i obsługi danego systemu bezpieczeństwa,
- interpretować wyniki pomiarów, analizować i określać ewentualne niesprawności,
- określać przyczyny potencjalnych usterek.

A.7. Obsługa układu przeniesienia napędu.

Cele:

Każdy słuchacz kursu powinien:

- poznać zasady działania układów przeniesienia napędu.

Materiał kształcenia:

- elektroniczne sterowanie skrzynki przekładniowej,
- bezstopniowa automatyczna skrzynka przekładniowa,
- elektroniczne sterowanie sprzęgła i zautomatyzowana skrzynka przekładniowa,
- regulowane blokady mechanizmu różnicowego,
- sygnały wejściowe i wyjściowe w urządzeniu sterującym,
- blokady elektrohydrauliczna i elektromagnetyczna,
- obwód elektryczny elektromagnetycznej blokady w układzie napędowym.

Osiągnięcia:

W wyniku procesu kształcenia słuchacz powinien umieć:

- określać zakres czynności obsługowych układu napędowego,
- dobierać materiały eksploatacyjne stosownie do zakresu wykonywanej obsługi,
- posługiwać się narzędziami, przyrządami i urządzeniami przeznaczonymi do obsługi zespołów układu napędowego,
- rozpoznawać usterki i uszkodzenia układów na podstawie oceny organoleptycznej,
- diagnozować stan techniczny układu jak i jego poszczególnych zespołów.

A.8. Budowa i działanie układów sterowania stosowanych w układach podwozia (układy hamulcowe i kierownicze).

Cele:

Każdy słuchacz kursu powinien:

- poznać zasady działania układów podwozia samochodu.

Materiał kształcenia:

- nowoczesne układy hamulcowe i systemy wspomagające proces hamowania,

- elektryczne hamulce postojowe,
- aktywne układy kierownicze,
- nowoczesne rozwiązania układów zawieszenia kół,
- zawieszenia sterowane elektronicznie,
- elektroniczna regulacja sztywności zawieszenia,
- elektroniczna regulacja tłumienia zawieszenia (amortyzatorów).

Osiągnięcia:

W wyniku procesu kształcenia słuchacz powinien umieć:

- znać budowę i zasadę działania poszczególnych elementów układu,
- weryfikować elementy układu,
- znać metody pomiaru geometrii kół i osi pojazdu.

A.9. Obsługa systemów diagnostycznych pojazdów samochodowych

Cele:

Każdy słuchacz kursu powinien:

- poznać zasady korzystania z samochodowych systemów diagnostycznych.

Materiał kształcenia:

- diagnostyka pokładowa (E-OBD),
- diagnostyka szeregową i równoległą,
- urządzenia i przyrządy automatycznej diagnostyki zewnętrznej pojazdów.

Osiągnięcia:

W wyniku procesu kształcenia słuchacz powinien umieć:

- diagnozować stan techniczny pojazdu jak i jego poszczególnych zespołów,
- określić zakres czynności diagnostycznych,
- posługiwać się narzędziami, przyrządami pomiarowymi i urządzeniami przeznaczonymi do obsługi wybranego systemu sterowania,
- dobierać system diagnostyczny w zależności od producenta pojazdu,
- dokonywać odczytu kodów usterek i parametrów rzeczywistych wybranych systemów sterowania,
- interpretować wyniki pomiarów.

B. CZĘŚĆ PRAKTYCZNA – 120 godz.

B.1. Pomiary wielkości elektrycznych.

Cele:

Każdy słuchacz kursu powinien:

- umieć wykonywać pomiary wielkości elektrycznych.

Materiał kształcenia:

- symbole, schematy, przykłady obwodów,
- podstawy miernictwa elektrycznego,
- uniwersalne przyrządy pomiarowe: analogowe, cyfrowe,
- wykorzystanie oscyloskopu do obserwacji przebiegów napięcia i prądu elektrycznego,
- zasady bezpiecznej obsługi urządzeń elektrycznych.

Osiągnięcia:

W wyniku procesu kształcenia słuchacz powinien umieć:

- analizować i interpretować procesy i zjawiska fizyczne oraz odpowiadające im sygnały elektryczne w obwodach, układach, urządzeniach i elementach elektrotechniki i elektroniki samochodowej,
- poznać metody, przyrządy pomiarowe oraz urządzenia i systemy diagnostyczne do pomiaru wielkości elektrycznych w instalacjach elektrycznych pojazdów.

B.2. Pomiary stosowane w diagnostyce wyposażenia elektrycznego.

Cele:

Każdy słuchacz kursu powinien:

- poznać zasady i sposób diagnozowania wyposażenia elektrycznego.

Materiał kształcenia:

- analiza funkcjonalna systemu: schematy blokowe, schematy przepływu sygnałów,
- czujniki i odbiorniki wartości zadanej,
- analogowe i cyfrowe sygnały występujące w pojeździe samochodowym,
- przetworniki A/C i C/A,
- analiza działania bramek logicznych.

Osiągnięcia:

W wyniku procesu kształcenia słuchacz powinien umieć:

- dobierać urządzenia pomiarowe oraz elementy wyposażenia elektrycznego i elektronicznego przeznaczone dla określonego modelu pojazdu w oparciu o instrukcje i katalogi,
- interpretować wyniki pomiarów uzyskanych w postaci wartości liczbowych wielkości elektrycznych, z wydruku lub oscylogramu, dotyczące diagnozowanych elementów, urządzeń, układów i obwodów.

B.3. Diagnostyka systemów sterowania silników o zapłonie iskrowym.

Cele:

Każdy słuchacz kursu powinien:

- poznać metody diagnostyki silników ZI.

Materiał kształcenia:

- przegląd stosowanych konstrukcji, elementów wykonawczych i czujników,
- zintegrowane systemy wtryskowo-zapłonowe,
- systemy wtrysku pośredniego i bezpośredniego benzyny,
- tworzenie mieszanek jednorodnych i uwarstwionych,
- systemy ograniczenia emisji szkodliwych składników spalin
- systemy sterowania układu rozrządu i geometrii układu dolotowego.

Osiągnięcia:

W wyniku procesu kształcenia słuchacz powinien umieć:

- określać zakres czynności diagnostycznych,
- posługiwać się narzędziami, przyrządami pomiarowymi i urządzeniami przeznaczonymi do obsługi wybranego systemu sterowania,
- diagnozować układ sterowania, dokonywać niezbędnych pomiarów i określać stan instalacji,
- przestrzegać zasad bezpieczeństwa szczególnie uwzględniając właściwości paliw.

B.4. Diagnostyka systemów sterowania silników o zapłonie samoczynnym.**Cele:**

Każdy słuchacz kursu powinien:

- poznać metody diagnostyki silników ZS.

Materiał kształcenia:

- regulowane elektronicznie układy wtryskowe w silnikach ZS
- wtrysk bezpośredni w silnikach ZS,
- układy z pompowtryskiwaczami i indywidualnymi pompami wtryskowymi,
- zasobnikowy układ wtryskowy (typu Common Rail),
- silniki wolnossące i doładowane,
- metody poprawy czystości spalin w silnikach ZS,
- układy podgrzewania ładunku (świece żarowe).

Osiągnięcia:

W wyniku procesu kształcenia słuchacz powinien umieć:

- określać zakres czynności diagnostycznych,
- posługiwać się narzędziami, przyrządami pomiarowymi i urządzeniami przeznaczonymi do obsługi wybranego systemu sterowania,
- diagnozować układ sterowania, dokonywać niezbędnych pomiarów i określać stan instalacji,
- przestrzegać zasad bezpieczeństwa szczególnie uwzględniając właściwości paliw.

B.5. Diagnostyka sieci wymiany danych w pojazdach samochodowych.

Cele:

Każdy słuchacz kursu powinien:

- nabyć umiejętności diagnozowania samochodowych sieci wymiany danych.

Materiał kształcenia:

- sieci: CAN, LIN, MOST, Flex Ray, Bluetooth i inne,
- budowa i działanie sieci wymiany danych,
- klasyfikacja i organizacja sieci,
- systemy transmisji danych,
- protokoły komunikacji.

Osiągnięcia:

W wyniku procesu kształcenia słuchacz powinien umieć:

- diagnozuje stan sieci wymiany danych,
- dokonuje pomiarów elektrycznych,
- interpretuje wyniki pomiarów, analizuje je i określa ewentualne konflikty,
- określa przyczyny niesprawności,
- używa urządzeń do testowania i symulacji usterek sieci wymiany danych.

B.6. Diagnostyka systemów sterowania układów bezpieczeństwa czynnego i biernego.**Cele:**

Każdy słuchacz kursu powinien:

- nabyć umiejętności diagnostyki systemów sterowania układów bezpieczeństwa.

Materiał kształcenia:

- układ przeciwblokujący ABS,
- układ przeciwpoślizgowy ASR,
- układ stabilizacji toru jazdy,
- poduszki gazowe,
- kurtyny gazowe,
- pirotechniczne napinacze pasów,
- systemy ochrony pieszych,
- inne układy poprawy bezpieczeństwa czynnego.

Osiągnięcia:

W wyniku procesu kształcenia słuchacz powinien umieć:

- dobiera metody diagnozowania i przyrządy kontrolno-pomiarowe właściwe dla badanego systemu bezpieczeństwa,
- posługuje się narzędziami, przyrządami i urządzeniami przeznaczonymi do diagnostyki i obsługi danego systemu bezpieczeństwa,
- interpretuje wyniki pomiarów, analizuje i określa ewentualne niesprawności,

- określa przyczyny potencjalnych usterek.

B.7. Diagnostyka układu przeniesienia napędu.

Cele:

Każdy słuchacz kursu powinien:

- nabyć umiejętności diagnostyki układu przeniesienia napędu.

Materiał kształcenia:

- elektroniczne sterowanie skrzynki przekładniowej,
- bezstopniowa automatyczna skrzynka przekładniowa,
- elektroniczne sterowanie sprzęgła i zautomatyzowana skrzynka przekładniowa,
- regulowane blokady mechanizmu różnicowego,
- sygnały wejściowe i wyjściowe w urządzeniu sterującym,
- blokady elektrohydrauliczna i elektromagnetyczna,
- obwód elektryczny elektromagnetycznej blokady w układzie napędowym.

Osiągnięcia:

W wyniku procesu kształcenia słuchacz powinien umieć:

- określać zakres czynności obsługowych układu napędowego,
- dobierać materiały eksploatacyjne stosownie do zakresu wykonywanej obsługi,
- posługiwać się narzędziami, przyrządami i urządzeniami przeznaczonymi do obsługi zespołów układu napędowego,
- rozpoznawać usterki i uszkodzenia układów na podstawie oceny organoleptycznej,
- diagnozować stan techniczny układu jak i jego poszczególnych zespołów.

B.8. Diagnostyka układów sterowania stosowanych w układach podwozia (układy hamulcowe i kierownicze).

Cele:

Każdy słuchacz kursu powinien:

- nabyć umiejętności diagnostyki systemów podwozia samochodu.

Materiał kształcenia:

- nowoczesne układy hamulcowe i systemy wspomagające proces hamowania,
- elektryczne hamulce postojowe,
- aktywne układy kierownicze,
- nowoczesne rozwiązania układów zawieszenia kół,
- zawieszenia sterowane elektronicznie,
- elektroniczna regulacja sztywności zawieszenia
- elektroniczna regulacja tłumienia zawieszenia (amortyzatorów).

Osiągnięcia:

W wyniku procesu kształcenia słuchacz powinien umieć:

- określać zakres czynności obsługowych,
- dobierać metody diagnostyki układu,
- weryfikować elementy układu hamulcowego,
- określać zużycie i przydatność płynu hamulcowego
- oceniać jakość wykonanej obsługi, poprzez pomiar sił hamowania na stanowisku kontrolnym,
- diagnozować stan układu kierowniczego,
- określać stan przekładni kierowniczej,
- oceniać sprawność układu wspomagającego,
- kontrolować stan połączeń kulowych układu,
- wykonać pomiar geometrii kół i osi pojazdu.

B.9. Obsługa systemów diagnostycznych pojazdów samochodowych.

Cele:

Każdy słuchacz kursu powinien:

- nabyć umiejętności obsługi systemów diagnostyki samochodu.

Materiał kształcenia:

- diagnostyka pokładowa (E-OBD),
- diagnostyka szeregową i równoległą,
- urządzenia i przyrządy automatycznej diagnostyki zewnętrznej pojazdów.

Osiągnięcia:

W wyniku procesu kształcenia słuchacz powinien umieć:

- diagnozować stan techniczny pojazdu jak i jego poszczególnych zespołów,
- określać zakres czynności diagnostycznych,
- posługiwać się narzędziami, przyrządami pomiarowymi i urządzeniami przeznaczonymi do obsługi wybranego systemu sterowania,
- dobierać systemy diagnostyczne w zależności od producenta pojazdu,
- dokonywać odczytu kodów usterek i parametrów rzeczywistych wybranych systemów sterowania,
- interpretować wyniki pomiarów.

Produkcja samochodów rośnie, a rynek samochodowy stale się rozwija i, mimo obwieszczanych cyklicznie kryzysów branży motoryzacyjnej, ma się dobrze. Rosnąca na rynku ilość samochodów ma swoje oparcie w rozwijających się stale sieciach sprzedaży i obsługi nowych samochodów. O pozycji danego producenta na rynku decyduje ilość pojazdów danej marki, jaka porusza się po drogach danego kraju. Ta liczba przekłada się bezpośrednio na rozmiary sieci serwisowej, a ta z kolei daje w rezultacie ilość miejsc pracy kreowanych przez branżę samochodową. Logiczną konsekwencją zaistnienia miejsc pracy jest potrzeba dostarczenia odpowiedniej liczby absolwentów (absolwentek) szkół samochodowych, którzy zapewnią ich obsadę.

Dlatego szkolnictwo zawodowe powinno nadążać za dynamicznie rosnącym poziomem rozwiązań technicznych i technologicznych stosowanych w szeroko pojętej motoryzacji. Dla uzyskania kompetencji stosownej do obsługi i naprawy samochodów nowych generacji potrzebna jest wiedza techniczna pozwalająca na zrozumienie działania współcześnie stosowanych rozwiązań, ale także – a może przede wszystkim – umiejętności praktycznego wdrażania posiadanej wiedzy w sposób adekwatny i nacechowany pewnością i wprawą. Dlatego nie wystarczy przeczytać podręcznik i mieć świadomość „wiem” i „rozumiem” – należy opanować każde zagadnienie tak, aby być w stanie wykonać wszystkie przewidywane w nim czynności.

Ostatnie ćwierćwiecze to opanowanie techniki motoryzacyjnej przez elektronikę. Pierwszym przyczółkiem tej inwazji były układy zapłonowe zwane po prostu „elektronicznymi”, natomiast końca tej inwazji w czasach, kiedy „wentyl” koła samochodowego może być już urządzeniem inteligentnym wyposażonym w miernik ciśnienia i nadajnik radiowy – przewidzieć się nie da. Można zaryzykować stwierdzenie, że trudno już znaleźć w samochodzie układ czy mechanizm, który nie byłby poddany elektronicznemu sterowaniu lub nadzorowi.

Ta rewolucja wymaga od absolwentów szkół samochodowych, aby nadążali za jej biegiem. Aby to zrealizować nauczyciele przedmiotów zawodowych powinni stale doskonalić swoje umiejętności, aby dotrzymać kroku producentom samochodowym i być stale o krok przed uczniami. W sprostaniu temu zadaniu ma pomóc program doskonalenia zawodowego adresowany do nauczycieli zawodu.

Celem niniejszego projektu jest opracowanie programu doskonalenia zawodowego nauczycieli, w ramach którego uczestnicy odbędą szkolenia teoretyczne oraz praktykę w zakresie pomiarów i diagnostyki samochodowych układów elektronicznych.

W opracowaniu niniejszego programu brali udział przedstawiciele przedsiębiorców, nauczycieli akademickich, nauczycieli przedmiotów zawodowych, metodyków oraz pracownicy Centrum Promocji i Rozwoju.

Prace zostały podzielone na trzy etapy:

1. Opracowanie założeń programu, jego treści, struktury w części teoretycznej i praktycznej oraz opracowanie materiałów dydaktycznych.

2. Przeprowadzono konsultacje w wybranych szkołach zawodowych województwa lubelskiego dotyczące trafności doboru treści programowych i spraw organizacyjnych szkolenia.
3. Realizacja szkoleń teoretycznych oraz zajęć warsztatowych i praktycznych – w tym etapie uwzględniono wnioski wszystkich osób biorących udział w realizacji programu – zarówno nauczycieli objętych szkoleniami, jak i kadry szkoleniowej.

Ocena zaplanowanych i zrealizowanych zadań miała na celu przygotowanie ulepszonej, końcowej wersji programu doskonalenia zawodowego nauczycieli w zakresie budowy działania i diagnostyki nowoczesnych układów sterowania w samochodach.

Publikacja tego programu powinna stanowić zachętę do współpracy szkół zawodowych z przedsiębiorcami w celu rzetelnego przygotowania absolwentów szkół zawodowych zgodnie z oczekiwaniami zmieniającego się rynku pracy.

Przygotowanie zmian w programach nauczania oraz nowych programów nauczania jest warunkiem nowoczesnego podejścia do edukacji zawodowej. W związku powyższym autorzy i realizatorzy niniejszego programu mają nadzieję, że niniejsza publikacja przyczyni się do podejmowania działań w celu ulepszenia programów nauczania i zacieśnienia współpracy z przedsiębiorstwami.

Realizatorzy i autorzy

3.
CZEŚĆ
PODRĘCZNIKOWA

3.1. PODSTAWY ELEKTROTECHNIKI I ELEKTRONIKI SAMOCHODOWEJ

3.1.1. OBWODY ELEKTRYCZNE

Gwałtowny wzrost stopnia elektronizacji samochodu to rok 1990, związany z zaostreniem przepisów dotyczących emisji spalin, a także z dużą obniżką cen urządzeń elektronicznych. Elektronizacja poszczególnych układów przebiega z dużą intensywnością. Postęp w niektórych układach wymuszany jest przez ochronę środowiska, w innych – konkurencją na rynku samochodów. Obecnie elektroniczne urządzenia sterujące są układami niezależnymi od siebie, chociaż obserwuje się początki integracji funkcji sterujących w jednym urządzeniu. Przyszłością jest jeden zbiorczy, centralny system sterujący.

Współczesny samochód niezależnie od wielkości i klasy jest zelektronizowany. Elektronika przejęła funkcję kontroli, sterowania, komunikacji z kierowcą od układów czysto mechanicznych po elektromechaniczne. Stało się to dzięki bardzo dużej elastyczności, czyli łatwości dostosowania do konkretnego zastosowania przy użyciu zunifikowanych podzespołów. Dzięki elektronice możliwa jest adaptacja układów do aktualnych warunków pracy samochodu.

Wszystko to sprawia, że współczesny samochód jest bardzo skomplikowany, a przez to trudno naprawialny, gdyż w gąszczu systemów, diod, mikroprocesorów trudno jest znaleźć błąd. Stąd też obserwuje się tendencję do autodiagnozy i do diagnozowania przez komputery.

Elektronika, bez wątpienia, jeszcze bardziej wypełni samochód przyszłości, który będzie wysoce sprawny energetycznie, bardziej trwały i niezawodny, jednak wymagający obsługi przez coraz bardziej wyspecjalizowany serwis.

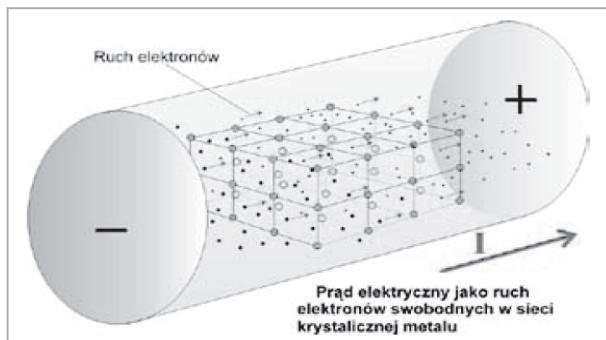
Atomowa teoria materii, stworzona przez N. Bohra (1908 r.), stanowi podstawę do wyjaśnienia zjawisk elektrycznych. Pozwala opisać i zrozumieć charakter zjawisk związanych z ruchem ładunków elektrycznych w stopniu dającym możliwość sprawdzenia zjawisk elektrycznych w praktyce.

Rozpatrując każdą substancję możemy wydzielić jej najmniejszą cząstkę, zdolną do samodzielnego istnienia i zachowującą cechy tej substancji. Określamy ją jako cząsteczkę (molekułę) danej substancji. Materiały, których cząsteczki składają się z takich samych atomów lub stanowią pojedynczy atom, określamy mianem pierwiastka.

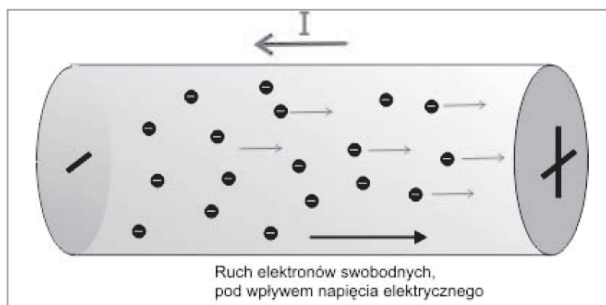
Atom stanowi najmniejszą cząstkę pierwiastka, zdolną do samodzielnego istnienia, której nie możemy podzielić bez zmiany jej własności.

Na rysunku poniżej przedstawiono odcinek przewodu elektrycznego z powiększeniem fragmentu sieci krystalicznej metalu. Do końców przewodu doprowadzono napięcie elektryczne z zewnętrznego źródła energii. W efekcie wytworzonego pola elektrycznego dotychczasowy, chaotyczny ruch elektronów swobodnych, zostaje zamieniony w ruch kontrolowany. Elektrony swobodne, obdarzone ujemnym ładun-

kiem elektrycznym poruszają się do „plusa”, przyciągane siłami pola elektrycznego. Ruch elektronów odpowiedzialny za przepływ energii elektrycznej określamy nazwą prądu elektrycznego.



Umowny kierunek prądu elektrycznego.



Materiały wykazujące w swojej strukturze obecność elektronów swobodnych określamy mianem **przewodników**. Umożliwiają one przepływ tzw. „elektronowego” prądu elektrycznego. Materiały pozbawione elektronów swobodnych blokują przepływ prądu elektrycznego i nazywane są **dielektrykami (izolatorami)**.

Energia elektryczna początkowo była wykorzystywana w samochodzie jedynie do zapłonu paliwa, następnie do rozruchu; obecnie zyskuje dominującą rolę, szczególnie wobec dynamicznego rozwoju elektroniki, zwłaszcza cyfrowej.

Obwód elektryczny jest to zespół różnego rodzaju odbiorników i źródeł energii elektrycznej, połączonych za pomocą przewodów i łączników. Zadaniem obwodu elektrycznego jest przekazanie energii elektrycznej ze źródła energii (np. akumulator, prądnica) do odbiorników (np. silnik elektryczny, żarówka). Obwód elektryczny składa się z elementów aktywnych i pasywnych.

Elementy aktywne to:

- źródła napięcia (ogniwa, akumulatory),
- źródła prądu (prądnice, generatory).

Elementy pasywne to m.in.:

- rezystory, żarówki, przewody łączące,
- kondensatory,

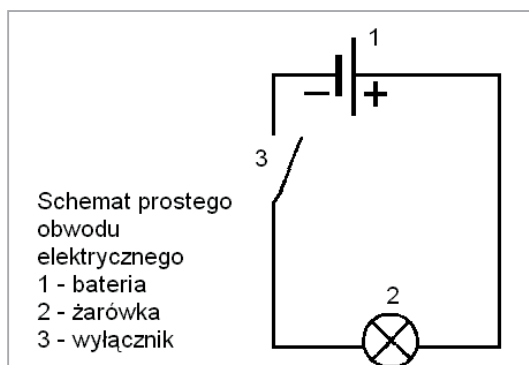
- cewki indukcyjne.

Obwody elektryczne rysujemy w postaci schematów z zastosowaniem symboli graficznych.

Elementy obwodu:

	Znaczenie symbolu		potencjometr
	przewód elektryczny		kondensator
	odbiornik, rezystor		transformator jednofazowy
	cewka indukcyjna (zwojnica)		dioda
	wyłącznik		dioda Zenera
	amperomierz		dioda świecąca (LED)
	woltomierz		tranzystor bipolarny typu p-n-p lub n-p-n
	żarówka		źródło napięcia zmiennego
	źródło napięcia stałego		źródło prądu stałego
	odgańnięcie przewodu (węzeł)		połączenie dwóch przewodów
			skrzyżowanie dwóch przewodów bez połączenia

Symboly stosowane w schematach obwodów elektrycznych



3.1.2. PRZYRZĄDY POMIAROWE I ICH PODZIAŁ

Przyrządy pomiarowe (mierniki) to urządzenia umożliwiające wykonywanie określonych pomiarów – wartości wielkości elektrycznych – sposobem bezpośrednim oraz innych wielkości nieelektrycznych sposobem pośrednim.

Elektryczne przyrządy pomiarowe są przeznaczone głównie do pomiarów wielkości elektrycznych, takich jak: napięcie, prąd, moc, energia, rezystancja, pojemność i inne. Ponadto produkuje się przyrządy pomiarowe, które mogą służyć do pomiarów wielkości nieelektrycznych, np.: kąta wyprzedzenia zapłonu, temperatury, ciśnienia, poziomu paliwa, prędkości.

Przyrządy pomiarowe (mierniki) mogą wskazywać wartość mierzonej wielkości za pomocą wskazówki lub wyświetlacza cyfrowego. Natomiast **wskazniki** sygnalizują jedynie występowanie lub zanik mierzonej wielkości, np. za pomocą żarówki lub diody świecącej.

Przyrządy pomiarowe — w zależności od fizycznej zasady działania — dzieli się na:

- magnetoelektryczne,
- elektromagnetyczne,
- elektrodynamiczne,
- ferrodynamiczne,
- indukcyjne,
- wibracyjne.

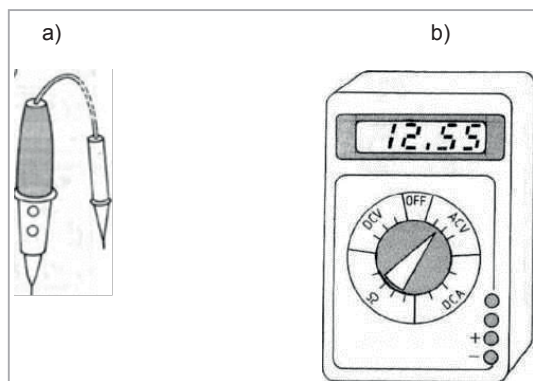
Ze względu na mierzone wielkości elektryczne przyrządy pomiarowe dzielimy na:

- pomiar wartości prądu stałego,
- pomiar wielkości prądu zmiennego – przemiennego.

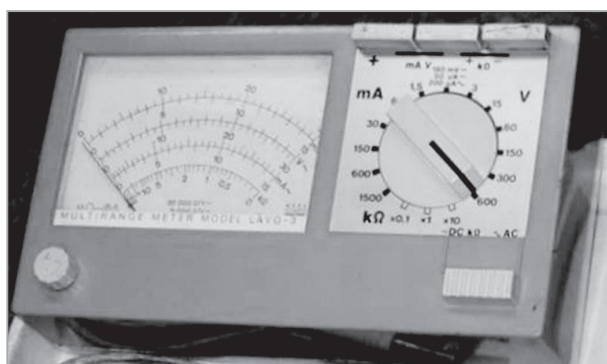
Podział ze względu na rodzaj mierzonych wartości:

- amperomierze,
- woltomierze,
- omomierze,
- watomierze,
- liczniki,
- częstotliwościomierze, itp.

Specjalnym rodzajem przyrządów pomiarowych są mierniki uniwersalne (obecnie nazywane multimetrami), które łączą w sobie wykonywanie pomiarów jednym przyrządem kilku wielkości elektrycznych i nieelektrycznych.



Rys. 1.1. Próbniki kontrolne: a) lampka kontrolna napięcia; b) multymetr cyfrowy o dużej rezystancji



Rys. 1.2. Próbniki kontrolne: multymetr analogowy

Za pomocą przełącznika przyciskowego lub obrotowego ustala się rodzaj pomiaru i zakres mierzonej wartości.

Pomiar napięcia wymaga dodatkowo ustawienia przełącznika w pozycji DCV dla prądu stałego lub ACV dla prądu przemiennego. Obwodu mierzonego nie musimy przerywać — przyrząd podłączamy równolegle. Czerwony przewód przyrządu łączymy z biegunem dodatnim, a czarny — z ujemnym (masa).

Gdy interesuje nas, czy w obwodzie występuje napięcie, czy nie, wystarczy użycie lampki kontrolnej (rys. 1.1). Jeśli sprawdzamy układ, który zawiera diody, tranzystory lub inne urządzenia wrażliwe na duży prąd, należy używać próbnika napięcia o dużej rezystancji. Działa on tak samo jak lampka kontrolna, jednak nie powoduje uszkodzeń zespołów elektronicznych.

Pomiar natężenia prądu wymaga przerywania obwodu przed pomiarem, gdyż przyrząd musimy podłączyć szeregowo.

Mierząc prąd w rozrusznikach (150 A) lub świecach żarowych (60 A) należy używać amperomierzy kleszczowych. Kleszcze zakłada się na izolowany przewód i wartość prądu jest mierzona przez indukcję.

Pomiar rezystancji wymaga odłączenia elementu mierzonego od obwodu lub odłączenia akumulatora, inaczej może dojść do uszkodzenia przyrządu. Przy pomiarze rezystancji nie ma znaczenia, który przewód (+ czy -) zostanie zaciśnięty na styku.

Kontrolując „przewodzenie” kabli, przełączników, spirali grzejnych, itp. przyrząd wskazuje 0Ω gdy obwód jest sprawny, albo ∞ – gdy jest przerwa w obwodzie (np. przepalona spirala).

Przyrządami służącymi do pomiaru zarówno wielkości elektrycznych, jak i nieelektrycznych, są tzw. **testery** czy **multimetry samochodowe**. Są one wykonywane w dwóch wersjach – jako podręczne i stacjonarne. Przykładem podręcznego przyrządu do diagnostyki i regulacji jest **tester samochodowy**.

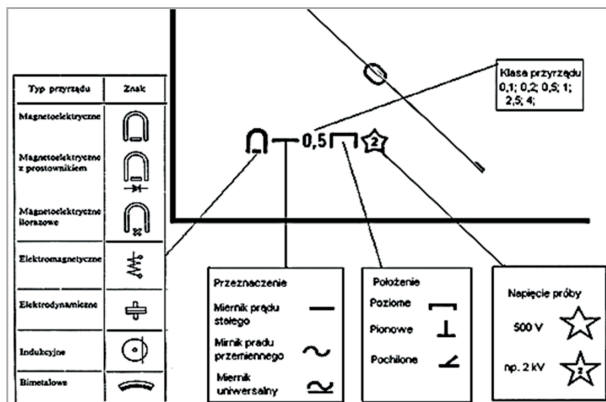
Zależnie od dokładności przyrządy pomiarowe dzieli się na klasy (tab. 1), które określają dopuszczalne błędy wskazania przyrządu.

Klasa	Dopuszczalne granice błędu wskazania w % wartości końcowej zakresu pomiarowego	Zastosowanie
0,1	$\pm 0,1$	Laboratoryjne Do dokładnych pomiarów i skalowania innych mierników
0,2	$\pm 0,2$	
0,5	$\pm 0,5$	
1,0	$\pm 1,0$	Techniczne Do pomiarów eksploatacyjnych i w diagnostyce
1,5	$\pm 1,5$	
2,5	$\pm 2,5$	

Tab. 1. Klasy dokładności przyrządów pomiarowych

Na tarczy podziałowej przyrządu pomiarowego (rys. 1.2.) są podane następujące oznaczenia (symbole) jego właściwości użytkowych:

- oznaczenie jednostki mierzonej wielkości (A, V, W, Hz, Ω),
- symbol układu pomiarowego,
- symbol rodzaju prądu,
- symbol ustawienia miernika (pionowe, poziome, ukośne),
- symbol napięcia probierczego – napięcie 500 V oznacza się samą gwiazdką; pozostałe – gwiazdką oraz wartością liczbową napięcia, np.: 2 oznacza napięcie 2 kV, 3 – 3 kV, itd.,
- klasę dokładności.



Rys. 1.3. Symbole na tarczy przyrządu pomiarowego

Literatura:

1. J. Nowicki, Podstawy elektrotechniki i elektroniki, szkoła zawodowa, WSiP
2. J. Parchański, Miernictwo elektryczne i elektroniczne, WSiP
3. A. Chwaleba, M. Poniński, A. Siedlecki, Metrologia elektryczna, Wydawnictwa Naukowo-Techniczne
4. P. Fundowicz, B. Michałowski, M. Radzimierski, Podstawy elektrotechniki i elektroniki samochodowej, WSiP
5. A. Herner, H. Rieh, Elektrotechnika i elektronika w pojazdach samochodowych, WKŁ
6. Sieci wymiany danych. Poradnik Bosch.

3.2. PODSTAWY ELEKTRONICZNYCH UKŁADÓW STERUJĄCYCH – ELEMENTY UKŁADÓW STEROWANIA

3.2.1. ZAGADNIENIA WSTĘPNE

Elektronika we współczesnych pojazdach jest swoistego rodzaju fundamentem. Praktycznie nie można znaleźć w samochodzie układu mechanicznego, do którego nie prowadziłyby przewody elektryczne. Obecnie szacuje się, że elektronika zamontowana w pojazdach stanowi ok. 25% wartości całego samochodu, podczas gdy na początku lat 90. ubiegłego wieku było to ok. 7%. Ten gwałtowny wzrost jest odpowiedzią na postęp techniczny i zapotrzebowanie na coraz nowocześniejsze, doskonalsze i bardziej niezawodne pojazdy, które trafiają do naszych rąk. Rozwój elektroniki samochodowej to nie tylko większa liczba montowanych układów, ale – a może przede wszystkim – coraz większy stopień złożoności i ich zaawansowania technologicznego. Zagląając do wnętrza pojazdu można szybko zorientować się, że nie znajdziemy tu prostych układów elektrycznych połączonych kilkoma przewodami, a urządzenia, które znamy od dawna, tylko z nazwy przypominają te montowane kilkanaście lat temu, choć nadal spełniają te same funkcje. Układy mikroprocesorowe oraz systemy oparte na przetwarzaniu sygnałów i obrazów umożliwiają kierowanie pojazdem bezpieczniejsze i bardziej komfortowo niż kilkanaście lat temu. Układy te nie stanowią jednak oddzielnych jednostek. Współpracują z wieloma innymi systemami przetwarzając duże ilości informacji i przesyłając je dalej, do następnych układów i elementów wykonawczych. Powoduje to pojawianie się w samochodzie coraz większej liczby sterowników, czujników, elementów wykonawczych, włączników i innych podzespołów. Wydłuża się też łączna długość przewodów elektrycznych, a w efekcie pojawiają się coraz większe problemy z niezawodnością połączeń i zachowaniem komunikacji.

Współczesne pojazdy samochodowe są wyposażone w dużą liczbę czujników. Jako „organy zmysłów” pojazdu, czujniki przetwarzają mierzone wielkości wejściowe w sygnały elektryczne, niezbędne sterownikom silnika oraz układom bezpieczeństwa i komfortu jazdy do realizacji funkcji sterowania i regulacji. Czujniki przetwarzają fizyczne lub chemiczne (przeważnie nieelektryczne) wielkości w wielkości elektryczne. Z czujników wychodzą różne sygnały wyjściowe. Mogą nimi być: napięcie, natężenie prądu, wartość amplitudy, częstotliwość lub okres oraz współczynnik wypełnienia impulsu. Sygnał może być analogowy lub cyfrowy. Czujniki i elementy wykonawcze, jako urządzenia peryferyjne, tworzą interfejs między pojazdem z jego układami (napędowym, hamulcowym, kierowniczym, zawieszeniem i nadwoziem oraz systemem nawigacyjnym), a elektronicznym sterownikiem, jako urządzeniem przetwarzającym. Jednostka centralna ECU (Electronic Control Unit) – „mózg systemu” – analizuje sygnały dochodzące z czujników i na ich podstawie podejmuje decyzje i wydaje na drodze elektrycznej polecenia układom wykonaw-

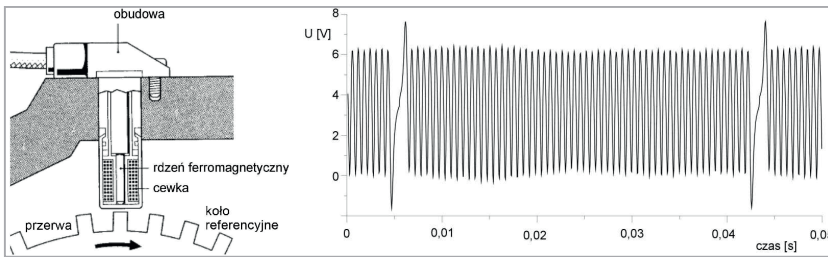
czym. Tak więc każdy system sterowania zbudowany jest z czujników i nadajników wartości znamionowych, jednostki centralnej oraz elementów wykonawczych.

3.2.2. CZUJNIKI I ODBIORNIKI WARTOŚCI ZADANEJ

Czujniki w pojeździe można podzielić na trzy kategorie:

- funkcyjne, do zadań regulacyjnych i sterujących,
- bezpieczeństwa i zabezpieczenia (ochrona przed kradzieżą),
- nadzorujące parametry pracy pojazdu i informujące kierowcę oraz pasażerów.

Czujnik położenia wału korbowego



Rys. 3.2.1. Obraz oscyloskopowy czujnika indukcyjnego położenia (obrotów) wału korbowego

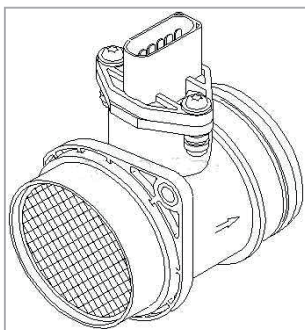
Czujnik położenia wału korbowego dostarcza najważniejszej informacji sterownikowi silnika – najczęściej jest to czujnik typu indukcyjnego. Współpracuje on z nadajnikiem, który ma postać albo koła z prostokątnymi zębami (przypominającego nieco koła paska rozrządu), albo pierścienia z wycięciami. I właśnie ów „nadajnik” dość często bywa przyczyną trudnych do zdiagnozowania niedomagań silnika typu „brak możliwości rozruchu” czy „nierówna praca”. Pojawiają się one nierzadko bezpośrednio po większych, typowo mechanicznych naprawach, takich jak wymiana sprzęgła, gdyż podczas manipulacji ciężkimi zespołami nietrudno o uszkodzenie „nadajnika”. Identyfikacja niesprawności tego rodzaju jest możliwa poprzez obserwację na ekranie oscyloskopu sygnału płynącego z czujnika w czasie gdy wał korbowy obracany jest przez rozrusznik. Sam czujnik też może sprawić kłopoty. Znajduje się on często nad ziemią, więc gdy komora silnikowa nie jest dobrze od spodu osłonięta, dociera do niego woda (zaś zimą – woda z solą) podnoszona z jezdni. Nie są to warunki sprzyjające pewności połączeń elektrycznych, więc gdy czujnik szwankuje, w pierwszej kolejności należy sprawdzić jego kontakt z masą i dochodzącymi do niego przewodami.

Czujnik położenia wałka rozrządu

Służy do identyfikacji kolejnego cylindra wchodzącego w suw pracy. Jest wykorzystywany do: sterowania zapłonem, kontroli spalania stukowego, sekwencyjnego wtrysku palia, sterowania zmiennych faz rozrządu. W przypadku uszko-

dzenia czujnika położenia wałka rozrządu kontrola spalania silnik pod obciążeniem będzie pracował z stałymi opóźnieniami kąta wyprzedzenia zapłonu. Czujnik ten działa w oparciu o zjawisko Halla i daje sygnał również wtedy, gdy stalowy nadajnik związany z wałkiem pozostaje nieruchomy. Układ sterowania silnikiem może dzięki temu ustalić w każdej chwili aktualne położenie wałka, co pozwala na synchronizację sekwencyjnego wtrysku paliwa oraz wywołanie zapłonu w odpowiednim cylindrze. By wszystko działało jak należy, nie tylko czujnik musi być sprawny, ale także napęd wałka rozrządu. Przed wymianą czujnika należy sprawdzić stan napędu, a jeśli został właśnie założony nowy napęd – trzeba skontrolować czy podczas montażu nie popełniono jakiegoś błędu.

Czujnik masy zasysanego powietrza

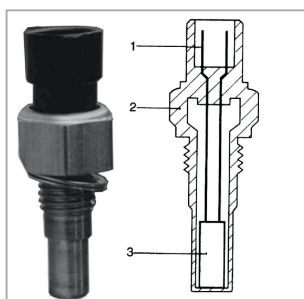


Rys. 3.2.2. Przepływomierz.

Masa powietrza płynącego do cylindrów określana jest poprzez elektroniczny pomiar temperatury elementu (zwykle półprzewodnikowego) chłodzonego strumieniem tegoż powietrza. Zarejestrowany przez sterownik nieprawidłowy sygnał z czujnika dokonującego takiego pomiaru nie zawsze jednak oznacza usterkę czujnika. Przyczyną równie dobrze może być to, że część powietrza omija czujnik, gdyż pojawiła się nieszczelność w połączeniach rur elastycznych układu dolotowego lub doszło do pęknięcia intercoolera. Znane są także przypadki, iż silnik wyposażony w półprzewodnikowy czujnik przechodził w awaryjny tryb pracy bezpośrednio po wykonaniu typowego przeglądu obejmującego wymianę filtra powietrza. Zazwyczaj dopiero po wielu próbach mechanicy wykrywają wówczas dziwne zjawisko polegające na tym, że na starym, zabrudzonym „oryginalnym” filtrze silnik pracuje jak zegarek, zaś na naprawdę dobrej jakości zamienniku – nie chce działać. Jak dowodzi praktyka, powodem takiego stanu rzeczy są różnice w konstrukcji poszczególnych filtrów (nie należy mylić tego ze zdolnością do zatrzymywania zanieczyszczeń!) powodujące inne zawirowanie przefiltrowanego powietrza. W większości samochodów nie ma to większego znaczenia, zdarzają się jednak modele, w których następuje wtedy odczytywanie przez czujnik nieprawidłowych wartości natężenia przepływu. Generalnie bowiem współczynniki charakteryzujące przejmowanie ciepła zależne są także od przebiegu strumienia powietrza, a zatem i jego zawirowania. Gdy dobrany

zostanie właściwy do typu silnika zamiennik filtra, opisane kłopoty oczywiście nie występują. Innym dziwnym przypadkiem jest powtarzające się niekiedy po pewnym przebiegu „rozkalibrowanie” czujnika. Zapisywany jest wówczas błąd poprawności mierzonej masy powietrza, choć, jak wskazują testy, czujnik pod względem elektronicznym zachowuje pełną sprawność. Przyczyną takiego stanu rzeczy jest uszkodzenie struktury pomiarowej przez twarde zanieczyszczenia dostające się do układu dolotowego wraz z niewielkim strumieniem nie filtrowanego powietrza. Dokładne przyjrzenie się powierzchniom uszczelniającym filtr w jego obudowie pozwala zazwyczaj ustalić gdzie pojawiła się nieszczelność i poprawić co należy. Oprócz jakości filtra istotna okazuje się tu, banalna by się wydawało, technologia jego wymiany. Godne polecenia jest więc naśladowanie tych producentów samochodów, którzy w trakcie fabrycznego montażu wkładu filtrującego jego uszczelkę zwilżają odpowiednim preparatem zapewniającym poślizg, by przeciwdziałać jej podwijaniu się. Postępując w ten sposób w warsztacie należy tylko zwrócić uwagę, by nie użyć środka, który jest agresywny w stosunku do uszczelki filtra. Najlepiej jeśli będzie to odrobina oleju silikonowego (nie pomylić z silnikowym!).

Czujnik temperatury

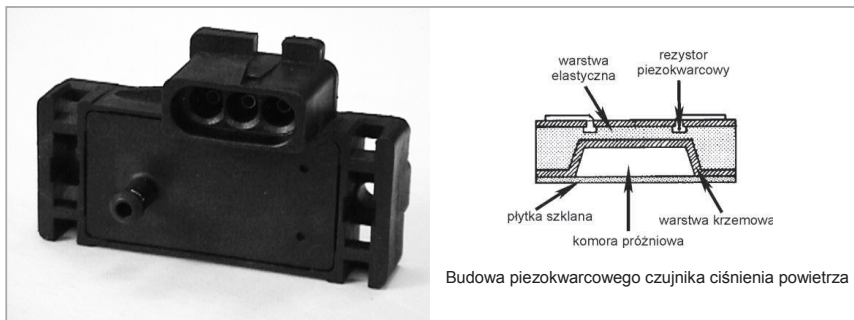


Rys. 3.2.3. Budowa czujnika: 1. złącze elektryczne, 2. obudowa, 3. rezystor

Zadaniem czujników temperatury jest dostarczenie informacji do sterownika o rzeczywistej temperaturze: płynu chłodniczego, zasysanego powietrza, paliwa, oleju silnikowego, zewnętrznej, wewnętrznej, parownika w klimatyzatorze, spalin, okładzin hamulców czy powietrza w oponach. Zarówno czujniki temperatury płynu chłodzącego, jak i powietrza dolotowego są typu rezystancyjnego, przy czym ich oporność może zmieniać się albo wprost proporcjonalnie albo odwrotnie proporcjonalnie do temperatury – trzeba o tym pamiętać i zawsze sprawdzać oznaczenia, gdyż ze względu na unifikację obudów czujniki wprost i odwrotnie proporcjonalne łatwo pomylić i zastosować niewłaściwy. Skutek tego będzie na przykład taki, że przed naprawą, na starym czujniku, silnik z trudem się uruchamiał, zaś po naprawie, na nowym, zapala bez zarzutu, za to źle pracuje jak się nagrzej. Pamiętajmy również, że aby sygnały odbierane przez sterownik z czujnika rezystancyjnego dowolnego typu i przeznaczenia były prawidłowe, oporność wszystkich złączy przez które przepływają musi być możliwie mała, gdyż inaczej sygnał zostanie zafałszowany. Z tego

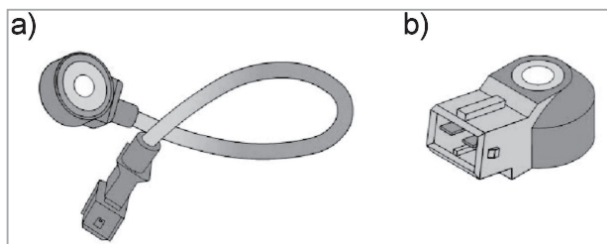
też względu, gdy stwierdzimy, że w środku złącza wtykowego przy czujniku pojawiła się korozja, wskazana jest wymiana pinów na nowe – i to dobrej jakości – lub, co jest metodą bardzo wygodną i skuteczną, użycie naprawczych przewodów z fabrycznie zaciśniętymi pinami.

Czujnik ciśnienia



Czujnik ciśnienia powietrza w kolektorze mierzy ciśnienie bezwzględne w kolektorze dolotowym. Jest nazywany MAP-sensorem (Mainfold Absolute Pressure). Może być zamontowany bezpośrednio w kolektorze lub połączony z nim za pomocą rurki odpornej na odkształcenia pola przekroju poprzecznego kanału przepływowego. Czujniki ciśnienia podejrzewane o uszkodzenie, gdyż rozpoznawane przez sterownik jako dostarczające nieprawidłowe sygnały, należy na wstępie diagnozy uznać za sprawne i zwrócić baczną uwagę na ich połączenie ze źródłem ciśnienia (podciśnienia), które mierzą. Nawet niegroźne na pozór załamane rurki czy ledwie widoczne jej pęknięcie może stać się przyczyną długotrwałej, kosztownej i nieskutecznej naprawy. Zauważmy również, że dysponując ręczną pompką podobną do stosowanej przez fryzjerów czy lekarzy i jednocześnie mając podgląd na to, co pokazywane jest w menu „parametry rzeczywiste” sterownika silnika, łatwo można sprawdzić czy zmiana ciśnienia powoduje jakąś reakcję czujnika. By sprawdzić, czy jest ona właściwa, potrzebny będzie już oczywiście odpowiedni manometr lub wakuometr.

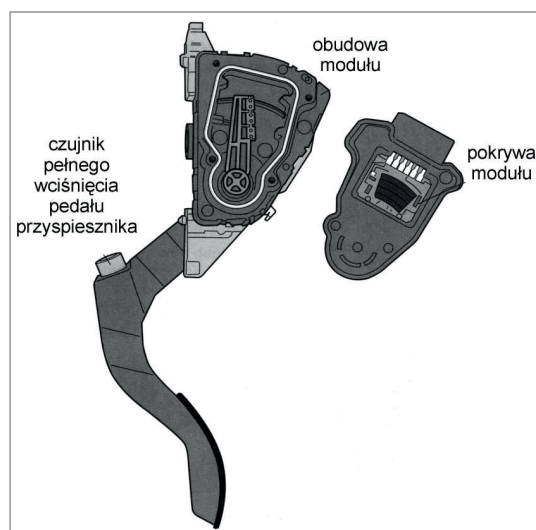
Czujnik spalania stukowego



Rys. 3.2.4. Czujniki stuku systemu Motronic 3.8: a) silnika 20V, b) silnika V5

Czujniki spalania stukowego są wykorzystywane do wykrywania spalania detonacyjnego wewnątrz poszczególnych cylindrów, bardzo niekorzystnie wpływającego na trwałość poszczególnych elementów. W przypadku wystąpienia spalania stukowego na obciążonym silniku, sterownik opóźnia kąt wyprzedzenia zapłonu o 3° na każdy cylinder, w którym wystąpiło spalanie stukowe. Piezoelektryczny czujnik spalania stukowego to element, który potrafi być źródłem dużych kłopotów. Zbyt czuły lub nieprawidłowo wmontowany dostarcza bowiem fałszywych danych o procesie spalania do sterownika silnika powodując, że ten źle wylicza kąt wyprzedzenia zapłonu, co z kolei prowadzi do powstania zakłóceń w przebiegu spalania i w finale do awaryjnego trybu pracy jednostki napędowej. Jak wskazuje praktyka, liczba nietrafionych diagnoz niesprawności czujnika spalania stukowego jest zdecydowanie największa w przypadku dużych, wielocylindrowych silników z rozrzędem „na łańcuch”. Przed zakwalifikowaniem podejrzanego o złe działanie czujnika jako uszkodzonego, należy najpierw zająć się napędem rozrzędu zwracając uwagę zwłaszcza na pojawienie się w nim zbyt dużych luzów. Nadmiernie wyciągnięty lub źle prowadzony łańcuch może bowiem uderzać gdzieś o obudowy czy kadłub powodując powstanie drgań, które czujnik interpretuje jako skutek spalania stukowego.

Czujnik pedału gazu



Rys. 3.2.5. Schemat zintegrowanego modułu pedału przyspieszenia

W układach wykorzystujących do sterowania silnikiem automatycznie poruszaną przepustnicę, a więc w układach, w których brak jest mechanicznego połączenia pedału przyspiesznika z przepustnicą, obok potencjometrów położenia przepustnicy stosowane są czujniki położenia pedału przyspieszenia. Czujnik pedału gazu przekazuje, w zależności od jego ustawienia, sygnał analogowy do systemu sterowania. Z reguły w celu zapewnienia niezawodności działania i zwią-

zanego z tym bezpieczeństwa jazdy stosuje się równolegle dwa czujniki położenia pedału przyspieszenia i dwa niezależne od siebie potencjometry. Gdy jeden czujnik ulegnie awarii, drugi służy jako rezerwowy. Charakterystyki tych potencjometrów (oporności w funkcji położenia pedału przyspiesznika) mogą nieco różnić się od siebie. Potencjometry obracane w „nadajniku” pedałem gazu dostarczają sterownikowi sygnału o „życzeniu” kierowcy, jak bardzo przepustnica powinna zostać otwarta. Stosownie do tego życzenia, ale po wprowadzeniu korekty według zapisu w programie, sterownik uruchamia silnik elektryczny obracający przepustnicę. Czy w rzeczywistości otworzyła się ona w należyty stopniu kontrolują kolejne dwa potencjometry związane z przepustnicą. Dodajmy jeszcze, że dla bezpieczeństwa układ znajdujący się przy przepustnicy jest tak zaprojektowany, by uszkodzenie ścieżki któregoś potencjometru lub wadliwy kontakt w połączeniach nie prowadziły do niezamierzonego przez kierowcę dodania gazu „do dechy” czy nieoczekiwanego zamknięcia przepustnicy podczas wyprzedzania. Groźbie takiej zapobiega sprawdzanie sumy sygnałów z działających przeciwnie potencjometrów – bowiem gdy przy obrocie osi przepustnicy rezystancja jednego rośnie, drugiego zaś o tyle samo maleje suma pozostaje stała, co jest znakiem, że elementy układu są sprawne. Nietrudno zauważyć, że dla prawidłowego działania takiego układu potencjometrycznego podstawową sprawą jest dobre połączenie z masą, gdyż stanowi ona poziom odniesienia dla pomiarów. Również zwiększona rezystancja pozostałych złącz systemu elektronicznego pedału gazu prowadzi do zapisu błędu i włączenia trybu awaryjnego. W efekcie przepustnica zostaje na stałe nieco uchylona, aby dało się jakoś dojechać do serwisu. Dodajmy jeszcze, że błąd może przybierać postać komunikatu o treści „przewody zamienione miejscami”.

Czujnik składu spalin

Jeszcze niedawno czujnik spalin utożsamiany był z sondą lambda zmieniającą skokowo swe napięcie w okolicy składu gazów wydechowych odpowiadającemu spalaniu mieszanki stechiometrycznej. Produkowane od niedawna sondy szerokopasmowe są już w stanie mierzyć skład spalin w szerokich granicach, umożliwiając tym samym tworzenie lepszych, bardziej ekologicznych systemów sterowania silnika. Jako ogólną zasadę dotyczącą wszystkich czujników składu spalin (niezależnie od ich typu), o której trzeba pamiętać w niezależnym warsztacie obsługującym samochody o dużym przebiegu, należy przyjąć, że sondy nie są wieczne – w trakcie eksploatacji ulegają stopniowemu starzeniu i w końcu przestają prawidłowo działać. Warto też kierować się regułą, iż oprogramowanie diagnostyczne sterownika silnika i analizator spalin stanowią dużą pomoc przy sprawdzaniu sond, ale tylko przy sprawdzaniu „z grubsza”. Dla praktyków z naprawdę dużym doświadczeniem podstawą w przypadku wielu niedomagań silników jest jazda testowa z nową sondą zamontowaną na próbę w miejsce dotychczas używanej. Nawet jeśli pomiary starej pokazują, że działa ona właściwie, jazda próbna rozstrzyga, iż właśnie zestarzały czujnik składu spalin, a nie inna część, jest winna dziwnym zjawiskom z wolnymi obrotami, zdolnością przyspieszania, itd.

3.2.3. MAGISTRALA CAN

Na początku lat 90-tych producenci samochodów zauważyli wzrost zapotrzebowania na komfortowe samochody i udogodnienia, takie jak: elektrycznie sterowane szyby, elektryczna regulacja siedzeń i lusterek, elektroniczne sterowanie klimatyzacją, instalacja car audio czy system nawigacyjny GPS. Przy tak dużej liczbie elementów elektronicznych konwencjonalne okablowanie samochodu sięgało 2000 metrów i 800 różnych typów wiązek. Ponieważ liczba kabli ciągle wzrastała, potrzebne było wprowadzenie komunikacji poszczególnych układów nowymi sposobami. Magistrała CAN została seryjnie wprowadzona po raz pierwszy w roku 1992 w Mercedesie klasy S. Szeregową magistrała CAN (Controller Area Network) charakteryzuje:

- możliwością transferu danych w zakresie od 5 kb/s do 1 Mb/s,
- bezbłędnym przenoszeniem danych,
- optymalnym transferem danych z czujników, elementów wykonawczych złożonych z 0 do 8 bajtów na komunikat,
- łatwością utrzymania,
- niskimi kosztami przy produkcji masowej,
- prostą konstrukcją.

Większość producentów marek opracowała własne magistrale. Jednak przyjęły się tylko cztery: CAN, VAN, J1850CP, J1850DLC. Dwie ostatnie z nich nie zostały zestandaryzowane na korzyść magistrali CAN. Podstawą standaryzacji komunikacji danych jest 7-wartwowy model odniesienia ISO/OSI

Warstwa 8 Aplikacja: „Urządzenie na magistrali”	CANopen	DeviceNet	SmartDisturbedSystem (SDS)
Warstwa 7 „Warstwa aplikacji”	CAN: CAN Warstwa aplikacji	Specyfikacje DeviceNet	Specyfikacje SDS
Warstwy 3....6	Puste		
Warstwa 2 „Warstwa łącza danych”	LLC: Logical Link Control MAC: Medium Access Control zgodnie z ISO 11898 <u>Rezultat:</u> Specyfikacje CAN2.0A, CAN2.0B		
Warstwa 1 “Warstwa fizyczna”	“Low-Speed CAN” ISO 11519-2		“High-Speed CAN” ISO 11898

Warstwa 1 - warstwa fizyczna

Zawiera specyfikacje medium transmisji danych, złączy, poziomów przesyłania, topologii sieci oraz elementów nadawczych i odbiorczych. Występują dwa standardy związane z magistrałą CAN:

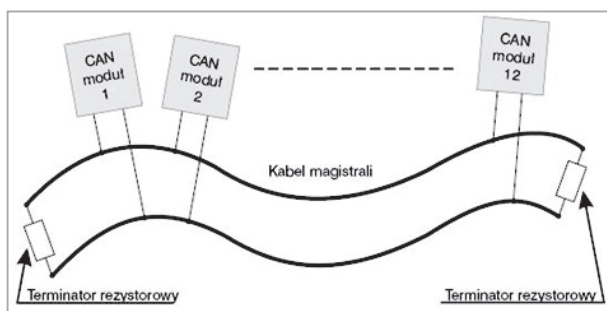
- ISO11529-2 – przesył danych o małej prędkości od 5 kb/s do 125 kb/s,
- ISO11898 – przesył danych o dużej prędkości – do 1 Mb/s.

Warstwa 2 - warstwa łącza danych

Określa dostępność medium transmisji danych, gdy zaistnieje potrzeba wysłania danych przez system oraz protokół transmisji danych. Określa także sposób two-

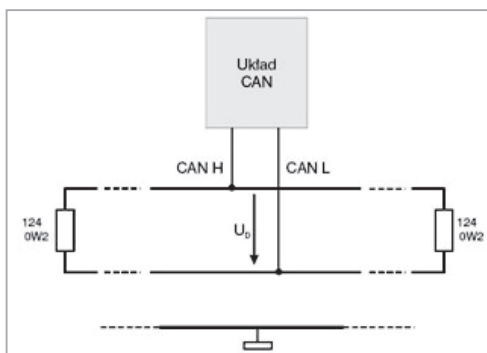
rzenia komunikatu (adres, sterowanie, dane, zabezpieczenia przed błędami). Modyfikacje tej magistrali pozwoliły na wydzielenie dwóch wersji: 11-bitowej CAN2.0A i 29-bitowej CAN2.0B. Kolejne warstwy to: warstwa aplikacji, warstwa urządzenia na magistrali. CAN ma topologię magistrali (szynowa), której wszystkie elementy są połączone za pomocą węzłów budowanych przy pomocy skrętek. Na dwóch końcach magistrali znajdują się terminatory. Jest systemem asynchronicznym, ponieważ każdy abonent sieci jest synchronizowany przez wiadomość innego abonenta. Stopień możliwości synchronizacji jest warunkowany różnymi czynnikami: czas trwania bitu, struktura i czas trwania komunikatu, potwierdzenie odbioru wiadomości.

Dzięki zastosowaniu topologii magistrali możliwa jest komunikacja elementu z każdym innym elementem sieci. W porównaniu z innymi strukturami sieci (pierścieniowa, gwiazdowa) charakteryzuje się mniejszym prawdopodobieństwem uszkodzeń. Gdy nastąpi awaria jednego z abonentów, CAN nadal przesyła dane do innych jednostek.



Rys. 3.2.6. Topologia magistrali CAN

Układ nadawczo-odbiorczy CAN jest połączony z magistralą poprzez dwa doprowadzenia: CANH (CAN High) i CANL (CAN Low).



Rys. 3.2.7. Dołączenie elementu (stacji) do magistrali CAN

Do przesyłania danych wykorzystuje się różnicowe sygnały napięciowe ze względu na możliwość błędów podczas transferu.

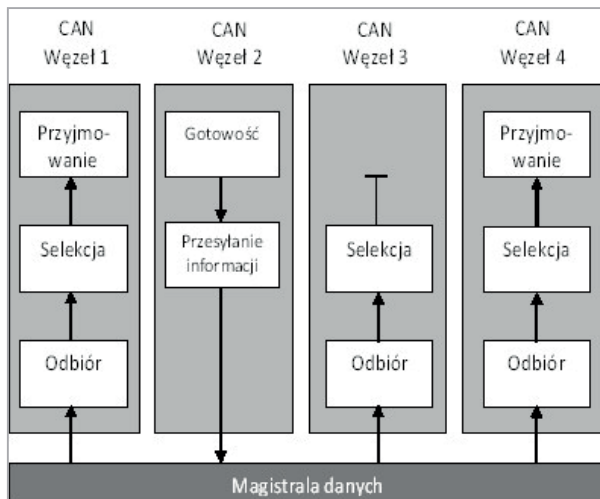
- Obszary zastosowań magistrali CAN w samochodzie: obszar multipleks – sterowanie i regulacja elementów, np. klimatyzacji, centralnej blokady, elektrycznej regulacji siedzisk. Szybkość transferu danych od 10 do 125 kb/s – Low-Speed-CAN;
- obszary czasu rzeczywistego – magistrala CAN łączy ze sobą różne układy, np. sterowania silnikiem, napędem, ABS/ASR, ESP, itp. Dla zagwarantowania bezpieczeństwa pasażerów transfer danych musi być szybki (High-Speed-CAN) – od 125 kb/s do 1 Mb/s;
- obszary diagnostyczne – CAN wykorzystywane jest do nadzorowania pracy sterowników. Ten obszar zastosowania charakteryzuje się dużą ilością przesyłanych danych, w związku z tym szybkość przesyłu to 250 kbit/s, a wkrótce ma sięgnąć 500 kbit/s;
- obszary mobilnej komunikacji – dotyczy elementów multimedialnych montowanych w samochodzie (nawigacja satelitarna GPS, telefon, instalacja car audio, telewizja). Obszar ten wymaga szybkiego przesyłu danych – do 125 kbit/s.

Długość magistrali [m]	Maksymalna prędkość przesyłania danych [bit/s]
0 – 40	1 Mbit/s przy 40m
40 – 300	500 kbit/s przy 100m
300 – 600	100 kbit/s przy 500m
600 – 1 km	50 kbit przy 1 km

Maksymalne prędkości przy danej długości magistrali CAN

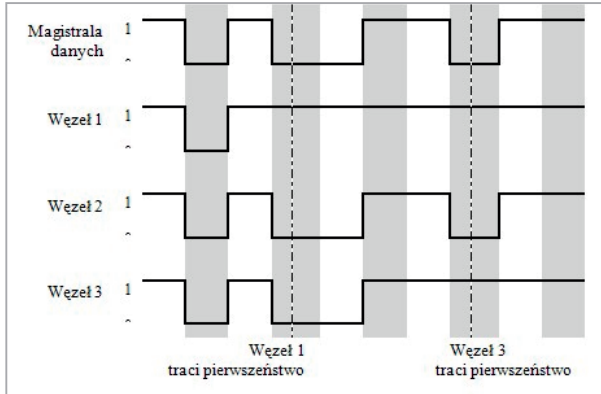
Adresowanie magistrali CAN

System CAN może być adresowany na dwa sposoby: adresowanie poprzez odwołanie się do określonej stacji lub adresowanie informacji według jej zawartości. Pierwszy z nich polega na adresowaniu informacji do konkretnej stacji. Nadawca adresuje odbiornik podając adres stacji odbiorczej (np. „węzeł 15 przesyła wiadomość do węzła 20-tego”). Pozostałe stacje ignorują ten komunikat, gdyż nie jest do nich adresowany. W przypadku błędu podczas przesyłu danych (braku potwierdzenia odbioru) stacja nadawcza wysyła ponownie wiadomość. W drugim trybie pracy – adresowaniu informacji według jej zawartości, każda wiadomość jest wyposażona w swój identyfikator, który wskazuje na treść informacji (np. wyniki pomiaru napięcia). Identyfikator ten jest zwykle 11-bitowy lub 29-bitowy (standard rozszerzony). Każdy abonent sieci odczytuje identyfikator wiadomości, a następnie decyduje czy ta wiadomość jest mu potrzebna czy też nie. Jest to tzw. test akceptacji.



Rys. 3.2.8. Adresowanie informacji według jej zawartości i test akceptacji

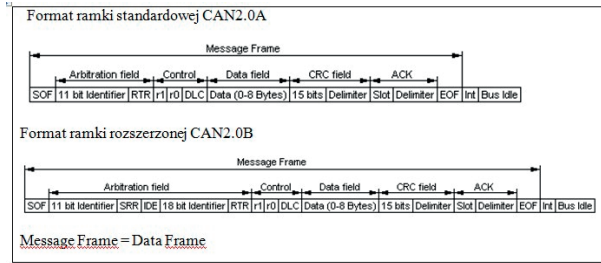
Priorytet wiadomości jest zawarty w identyfikatorze. Wysoki priorytet jest oznaczany identyfikatorem o małej liczbie binarnej, odwrotnie jest przy priorytecie niskim. Wyznacznikiem nadawania priorytetów jest prędkość zmian treści wiadomości oraz ich znaczenie dla bezpieczeństwa. Nie istnieją dwie wiadomości o taki samym priorytecie. Procedura dostępu do magistrali jest realizowana poprzez bitowy arbitraż. Metoda ta pozwala uniknąć konfliktów gdy kilka węzłów jednocześnie chce wysłać wiadomość w tym samym czasie. Gdy magistrala jest wolna oraz komunikaty są gotowe do wysłania, każdy z węzłów może rozpocząć nadawanie. Przesył informacji o najwyższym priorytecie odbywa się bez straty czasu i danych. Realizacja procedury arbitrażu opiera się na wykorzystaniu dwóch stanów logicznych: 1 i 0. Magistrala przyjmuje wartość iloczynu logicznego wysłanego z każdego węzła. Węzeł, który wysłał stan 1, gdy reszta wysłała 0 – traci dostęp do magistrali. Węzeł, który ostatni wysłał 0 zdobywa dostęp, gdy reszta węzłów wysłała w tym czasie 1. Wiadomość z węzła o najniższym identyfikatorze (najwyższy priorytet) przechodzi na magistralę. Reszta węzłów przechodzi w tryb odbierania i powtarza próbę odbierania, gdy magistrala jest wolna.



Rys. 3.2.9. Procedura arbitrażu – bitowe ustalanie priorytetu.

Ramki danych

Protokół CAN dopuszcza dwa różne formaty ramek komunikatu: CAN2.0A (standardowy, identyfikator 11-bitowy) i CAN2.0B (rozszerzony, identyfikator 29-bitowy). Oba formaty mogą być stosowane w jednej sieci CAN.



Rys. 3.2.10. Ramki danych

Wyjaśnienie poszczególnych elementów obu ramek pokazanych na powyższych rysunkach: *SOF* (ang. *Start Of Frame*). Bit startowy ramki, który jest bitem dominującym (0) określa początek transmisji ramki. *Pole arbitrażu* (ang. *arbitration field*) – pole 12-bitowe – składa się z 11-bitowego identyfikatora i 1 bitu *RTR* (CAN2.0A) lub 1 bitu *SRR* (CAN2.0B). Pole 11-bitowe pozwala na utworzenie 2048 identyfikatorów w formacie ramki standardowej (w praktyce 2032, gdyż pozostałe są zarezerwowane dla funkcji wbudowanych). W formacie ramki rozszerzonej pole to jest 29-bitowe, które może tworzyć ponad 500 milionów identyfikatorów. *RTR* (ang. *Remote transmission request*) – bit dominujący, którego zadaniem jest stwierdzenie czy następuje transmisja danych od nadawcy. *SRR* (ang. *Substitute remote request*) zastępuje bit *RTR*; bit recesywny (1). 6-bitowe pole kontrolne zawiera informacje na temat budowy ramki danych. *IDE* – bit rozszerzenia identyfikatora (ang. *Identifier Extension*). Określa rodzaj transmitowanego identyfikatora: standardowy (*IDE*=0) lub rozszerzony (*IDE*=1). *DLC* (ang. *Data Length Code*) koduje długość danych –

określa ile zostanie wysłanych bajtów danych z zakresu od 0 do 8. Pole danych zawiera od 0 do 8 bajtów informacji. Pole *CRC* (ang. Cyclic Redundancy Check) – słowo kontrolne służące do wykrywania błędów transmisji oraz delimiter, ograniczający pole *CRC* (składa się z pojedynczego bitu recesywnego). Pole *ACK* (ang. Acknowledgement) służy do potwierdzenia poprawnie odebranej wiadomości. Nadajnik ustawia bit potwierdzenia jako dominujący. Pozostałe węzły sieci, które poprawnie odebrały dane, informują nadajnik poprzez ten bit ustawiając poziom recesywny. Koniec ramki – *EOF* – składa się z siedmiu jedynek (bitów recesywnych), oznaczających koniec wiadomości. *INT* – pole intermission; pole przerwy zawierające trzy bity rozdzielające od siebie kolejne wiadomości. *Bus Idle* – magistrala w stanie spoczynku, oczekująca na kolejny wolny węzeł, który rozpocznie nadawanie.

Literatura:

1. J. Nowicki, Podstawy elektrotechniki i elektroniki, szkoła zawodowa, WSiP
2. J. Parchański, Miernictwo elektryczne i elektroniczne, WSiP
3. A. Chwaleba, M. Poniński, A. Siedlecki, Metrologia elektryczna, Wydawnictwa Naukowo-Techniczne
4. P. Fundowicz, B. Michałowski, M. Radzimierski, Podstawy elektrotechniki i elektroniki samochodowej, WSiP
5. A. Herner, H. Rieh, Elektrotechnika i elektronika w pojazdach samochodowych, WKŁ
6. Sieci wymiany danych. Poradnik Bosch.

3.3. STEROWANIE ELEKTRONICZNE W SILNIKACH SPALINOWYCH

3.3.1. ZAGADNIENIA WSTĘPNE

Budowa silników spalinowych jest zagadnieniem ogólnie znanym, ponieważ silniki te w swej budowie mechanicznej zasadniczo nie uległy zmianie od wielu dziesięcioleci. Zdecydowany postęp nastąpił w dziedzinie technik wytwarzania, dzięki czemu koszty produkcji systematycznie maleją. Podobnie można zaobserwować zdecydowany postęp w dziedzinie materiałów, co zaowocowało radykalnym zwiększeniem trwałości silników, a co za tym idzie ich przebiegów międzynaprawczych. Właściwie jedynie silniki Wankla nadal mają problem trwałości – objawia się on jednak przy przebiegach, które jeszcze w latach 70 ubiegłego wieku uchodziły za standard dla wszystkich silników o zapłonie iskrowym. Dzięki wspomnianemu postępowi silnik stał się jednym z najtrwalszych elementów samochodu, a czasy przewidywania wielu wymiarów naprawczych z myślą o kolejnych naprawach głównych ostatecznie odeszły do przeszłości. Dlatego niniejsze opracowanie pominie całkowicie kwestie mechanicznej budowy silników, ich diagnostyki pod względem mechanicznym i ich naprawy mechanicznej.

Głównym tematem analizy będą zatem te układy silnika spalinowego, które zostały objęte elektronicznym sterowaniem oraz te, które pojawiły dopiero się w ostatnich dekadach. Siłą rzeczy nie będzie możliwe opisanie wszystkich możliwych rozwiązań konstrukcyjnych stosowanych przez producentów samochodów. Opisane zostaną rozwiązania znane głównie z silników samochodów osobowych, choć pewne odniesienia będą dotyczyły także silników samochodów ciężarowych i motocykli. Podane zostaną rozwiązania przykładowe, niekoniecznie najbardziej typowe, a ich wybór dokonany będzie także pod kątem ich dydaktycznej atrakcyjności.

3.3.2. UKŁADY ZASILANIA SILNIKÓW O ZAPŁONIE ISKROWYM

Zadaniem układu zasilania jest dostarczenie do silnika mieszaniny palnej o określonym, wymaganym w danej sytuacji (w danym punkcie pracy silnika) składzie.

Zwyczajowo skład mieszaniny palnej podawany jest w jeden z dwu sposobów:

- w postaci współczynnika nadmiaru powietrza λ ,
- w postaci stosunku masowego powietrza do paliwa AFR (air/fuel ratio).

Sposób drugi stosowany jest w krajach anglojęzycznych i ostatnio zaczyna zyskiwać przewagę także w Polsce.

Urządzeniem służącym do realizacji powyższego zadania w najdawniejszych rozwiązaniach silników wykorzystujących paliwa płynne był gaźnik. Budowa gaźnika zostanie pominięta, chociaż należy sobie zdawać sprawę, że w motocyklach, moto-

rowerach i sprzęcie mechanicznym o napędzie spalinowym gaźniki nadal występują i corocznie przybywają ich miliony sztuk.

Prawie tak stare jak gaźnik jest stosowanie mechanicznego wtrysku paliwa, które miało swój początek w silnikach lotniczych w pierwszych dekadach XX wieku.

Mechaniczny wtrysk paliwa można nadal spotkać w samochodach produkowanych jeszcze w latach 80-tych XX wieku, a jego reprezentantem są układy firmy Bosch typu K-Jetronic.

Kolejne etapy rozwoju układów zasilania podyktowane zostały staraniami o ograniczenie zużycia paliwa i rosnącymi wymaganiami ekologicznymi.

Ponieważ skład mieszanki musiał być coraz precyzyjniej określony, wprowadzono sterowanie oparte o analizę spalin przy pomocy sondy λ (lub, nazywając zgodnie z literaturą anglosaską, czujnika obecności tlenu – *oxygen sensor*). I tak, do mechanicznego układu wtryskowego został wprowadzony obwód sterowany elektronicznie i korygujący skład mieszanki. Tak funkcjonujący układ to KE-Jetronic.

W międzyczasie wymogi ekologiczne spowodowały próby podjęcia się „zelektro-nizowania” gaźnika.

Ponieważ wtrysk paliwa w omawianych rozwiązaniach sprowadza się do podania go do kolektora dolotowego, można tego dokonać stosując jeden wtryskiwacz (podobnie jak stosując jeden rozpylacz główny paliwa w gaźniku) lub dokonać wtrysku do każdego z odgałęzień kolektora oddzielnym wtryskiwaczem. Rozwiązanie z pojedynczym wtryskiwaczem to wtrysk jednopunktowy, a z wieloma

(ilość ich odpowiada ilości cylindrów) – wielopunktowy. W dalszych rozważaniach zostaną całkowicie pominięte zarówno wtrysk jednopunktowy, jak i „elektroniczny” gaźnik, choć zapewne tak wyposażone samochody można nadal spotkać na drogach.

3.3.3. WIELOPUNKTOWE UKŁADY WTRYSKOWE SILNIKÓW O ZAPŁONIE ISKROWYM

Wstępnie dokonamy podziału układów zasilania przy wykorzystaniu elektronicznie sterowanego wtrysku paliwa na takie, gdzie wtrysk odbywa się do kolektora dolotowego (czyli jest pośredni) oraz takie, gdzie wtrysk odbywa się do cylindra (czyli jest bezpośredni).

3.3.3.1. WTRYSK WIELOPUNKTOWY POŚREDNI

Uzyskanie mieszanki paliwowo-powietrznej będzie się sprowadzało do podania odpowiedniej dawki paliwa w oparciu o dwie zasadnicze przesłanki.

Zadanie to będzie realizował układ sterujący (komputer, sterownik, moduł, ECU) w oparciu o sygnały elektryczne otrzymywane z czujników. Realizacja zadania będzie polegała na otwarciu zaworu elektromagnetycznego, jakim de facto jest wtryskiwacz, na określony czas. Aby wtrysk paliwa mógł nastąpić, do wtryskiwacza musi zostać dostarczone paliwo pod określonym nadciśnieniem w stosunku do ciśnienia panu-

jącego w kolektorze dolotowym. Paliwo jest więc pompowane ze zbiornika przez pompę elektryczną, która w pierwszej fazie przetłacza paliwo przez filtr.

W tradycyjnym układzie paliwowym regulacja ciśnienia paliwa oparta jest o mechaniczny membranowy zawór przelewowy, w którym żądane ciśnienie określone jest przez stałe napięcie sprężyny i oddziaływujące na membranę podciśnienie z kolektora dolotowego. Ponieważ działanie regulatora ciśnienia paliwa może spowodować pulsacje ciśnienia, przeto w torze paliwa bardzo często występuje jakiś tłumik tych pulsacji. Tak określone ciśnienie panuje w listwach (szynach, kolektorach) paliwa, do których podłączone są wtryskiwacze.

Jeśli zatem sterownik układu otworzy wtryskiwacz na określony czas, to do kolektora dolotowego zostanie podana konkretna dawka paliwa.

Zasadnicza informacja, jaką musi dysponować sterownik, to informacja o ilości powietrza, jaka znalazła się w cylindrze.

Druga informacja, która jest niezbędna do pracy silnika, to informacja o aktualnym jego stanie pracy, czyli z grubsza o intencjach kierowcy.

Informacja o ilości powietrza może być pozyskana bezpośrednio lub pośrednio.

Bezpośrednio może ją określić zamontowany w kolektorze dolotowym przepływomierz.

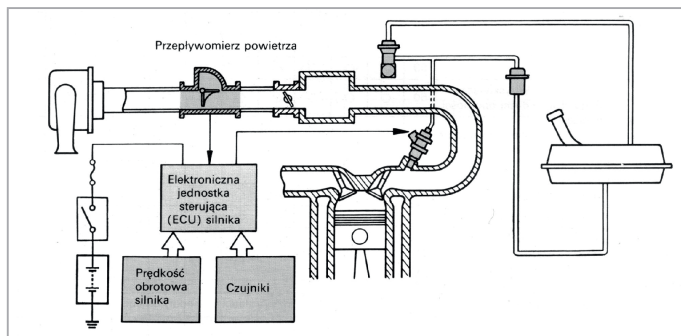
Układy wtryskowe wykorzystujące jako zasadniczą informację natężenie przepływu noszą nazwę L-Jetronic (lub L-type EFI – *electronic fuel injection*) – od słowa „Luft” – powietrze.

Na różnych etapach rozwoju instalacji wtryskowych stosowane były różne rodzaje przepływomierzy.

Obecnie najczęściej wykorzystuje się przepływomierze wykorzystujące ogrzewany element zwane popularnie „z gorącym drutem” (co jest żargonową kalką z angielskiego *hot wire*).

Przepływomierz tego typu może mieć swój symboliczny akcent w nazwie układu: LH-Jetronic.

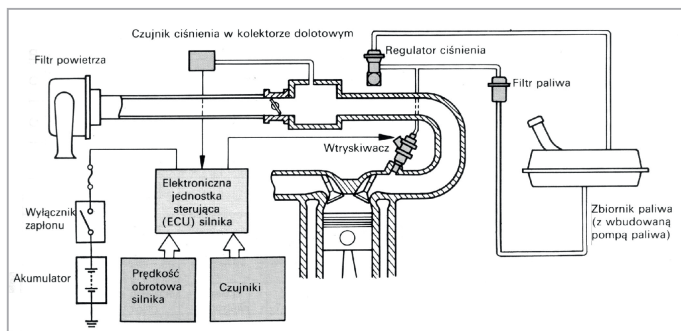
W tym miejscu należy podkreślić, że do określenia dawki paliwa potrzebna jest MASA powietrza, a zatem wygodny jest pomiar MASOWEGO natężenia przepływu – i taki właśnie dokonywany jest przez opisany wyżej przepływomierz. Stosowane wcześniej przepływomierze wykorzystujące płytę spiętrzącą (żargonowo nazywane „z kłapą”) dokonują pomiaru objętościowego, wymagają zatem korekty w zależności od temperatury powietrza, co dla komputera sterującego ECU nie stanowi większego problemu.



Rys. 3.1. System wtrysku wielopunktowego typ-L

Konkurencyjnym sposobem jest pomiar ciśnienia w kolektorze dolotowym., jednak nie prowadzi on do jednoznacznego określenia masy powietrza pobranej do cylindra. Jest tak dlatego, ponieważ takie same ciśnienia mogą panować w cylindrze przy różnych prędkościach obrotowych. Przeważa aby uzyskać dane o masie powietrza, sterownik musi dysponować informacją na temat prędkości obrotowej silnika, którą zapewnia mu czujnik prędkości obrotowej wału korbowego.

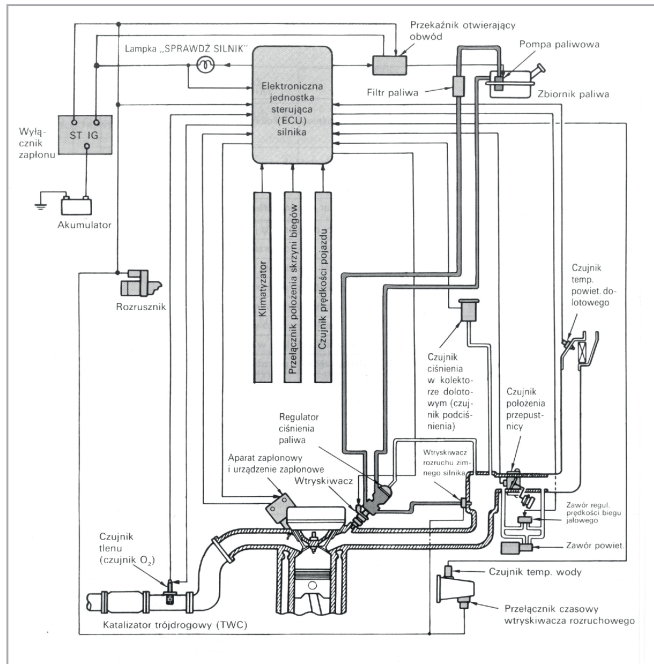
Układ wtrysku paliwa, który działa w oparciu o czujnik ciśnienia nosi nazwę (od słowa „Drucht”) D-Jetronic (lub D-type EFI).



Rys. 3.2. System wtrysku wielopunktowego typ-D

Informacja o masie powietrza, które jest w cylindrze i informacja, jakiego składu mieszanki „żąda” kierowca jest wystarczająca do określenia czasu otwarcia wtryskiwacza.

W rzeczywistości dawka podlega jeszcze pewnym automatycznym korekcjom, co zostanie opisane w dalszej części.



Rys. 3.3. System wtrysku wielopunktowego typ-D wykorzystywany w samochodzie Toyota

Dla ułatwienia przedstawienia zasady działania systemu i roli poszczególnych sygnałów sterujących, przyjęto metodę polegającą na przeanalizowaniu zachowania kierowcy poruszającego się pojazdem w różnych jego stanach pracy.

A – rozruch silnika:

W tym stanie pracy sterownik uzyskuje następujące informacje:

- z czujnika prędkości obrotowej informacje – prędkość silnika wynosi 0;
- z czujnika położenia przepustnicy – kierowca nie dotyka pedału przyspieszenia;
- z czujnika temperatury cieczy chłodzącej – czy rozruch odbywa się „na zimno”;
- ze stacyjki – kierowca włączył rozrusznik.

Ze względu na to, że w warunkach rozruchu napełnienie cylindra jest słabe, a w niskich temperaturach paliwo ma trudności z odparowaniem, sterownik decyduje o wzbogaceniu mieszanki, której skład podczas rozruchu mieści się w granicach $\lambda=0,1-0,2$. Dawniej przyjmowano nawet regułę, że mieszanka podczas rozruchu powinna być dziesięciokrotnie bogatsza niż podczas normalnej pracy.

B – Praca na biegu jałowym:

Po tym jak silnik podejmie pracę, o czym sterownik otrzyma informację z czujnika prędkości obrotowej, nadzór nad pracą silnika przejmuje układ sterowania prędkością obrotową biegu jałowego:

Techniczna realizacja tego układu to zastosowanie zaworu biegu jałowego ISC (*Idle Speed Control*) lub układu elektronicznie sterowanej przepustnicy ECTS-i (*Electronically Controlled Throttle System* – inteligent)

W tym miejscu muszą pojawić się dwie uwagi natury ogólnej :

*Po pierwsze: z chwilą wprowadzania elektronicznych układów sterujących do samochodów nieco skomplikowało się nazewnictwo, a zwłaszcza stosowane skróty. Na samym początku nazwy te nabrały ogólnego charakteru i pozostały niejako wspólne dla różnych producentów. Przykładem jest nazwa ABS, która nie pozostawia praktycznie żadnych wątpliwości, choć na początku były próby wprowadzania innych nazw – na przykład Honda lansowała nazwę ALB (*Anti-Lock Breaks*).*

Z czasem skróty, mające niekiedy wydźwięk medialny, ulegały prawnemu zastrzeżeniu przez wprowadzające je do obiegu firmy. To zagmatwało obraz powodując, że stosowane symbolicznie skróty przestały być tak jednoznaczne. Oczywiście z czasem jakieś określenie zyskuje przewagę i staje się bardziej popularne od innych, ale trudno tu mówić o jednoznacznie prawidłowej nazwie.

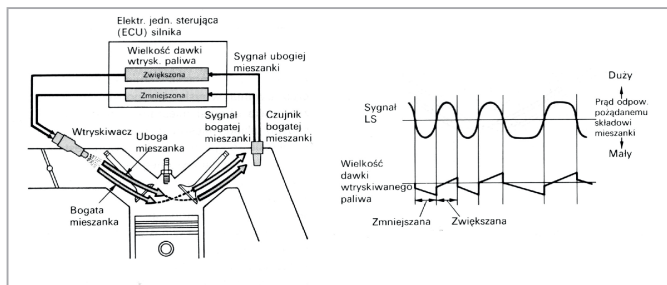
Po drugie: nie wszystkie elementy układów sterowania zostaną omówione dokładnie – ze względu na ograniczony zakres niniejszego opracowania istnienie niektórych z nich zostanie jedynie zasygnalizowane; wszak celem opracowania jest DOSKONALENIE zawodowe, a nie tworzenie bazy informacji o pełnym, encyklopedycznym charakterze.

Wracając do problematyki biegu jałowego. Sterownik silnika uzyskuje informację, że kierowca życzy sobie pozostawać w stanie biegu jałowego tak długo, jak czujnik położenia przepustnicy nie nada informacji, że kierowca nacisnął pedał przyspieszenia. Skład mieszanki na biegu jałowym jest zwykle bogaty (tradycyjnie zakładamy $\lambda=0.6-0.8$), natomiast prędkość obrotowa silnika oscyluje wokół zadanej wartości. Niektóre układy sterujące pozwalają na zmianę prędkości docelowej, co jest pożyteczne zwłaszcza przy eliminowaniu usterek typu drgania, hałas, wibracje.

C – Normalna jazda:

Sterownik silnika opiera określenie dawki paliwa o informacje o ilości przepływającego powietrza, położenie pedału przyspieszenia i koryguje ją w oparciu o temperaturę otoczenia. Po ustabilizowaniu termicznym silnika nadzór nad dawką paliwa przejmuje sonda λ .

Innymi słowy – decydująca staje się informacja o skutkach podania określonej dawki paliwa pobrana z rury wydechowej. Skład mieszanki utrzymywany jest w granicach mieszanki stechiometrycznej, czyli $\lambda=1$. Gwarantuje to brak nie spalonych węglowodorów w spalinach i generalnie wpływa na niskie zużycie paliwa.



Rys. 3.4 Działanie dwustanowej sondy λ

D – Inne stany pracy silnika:

- Przyspieszenie:

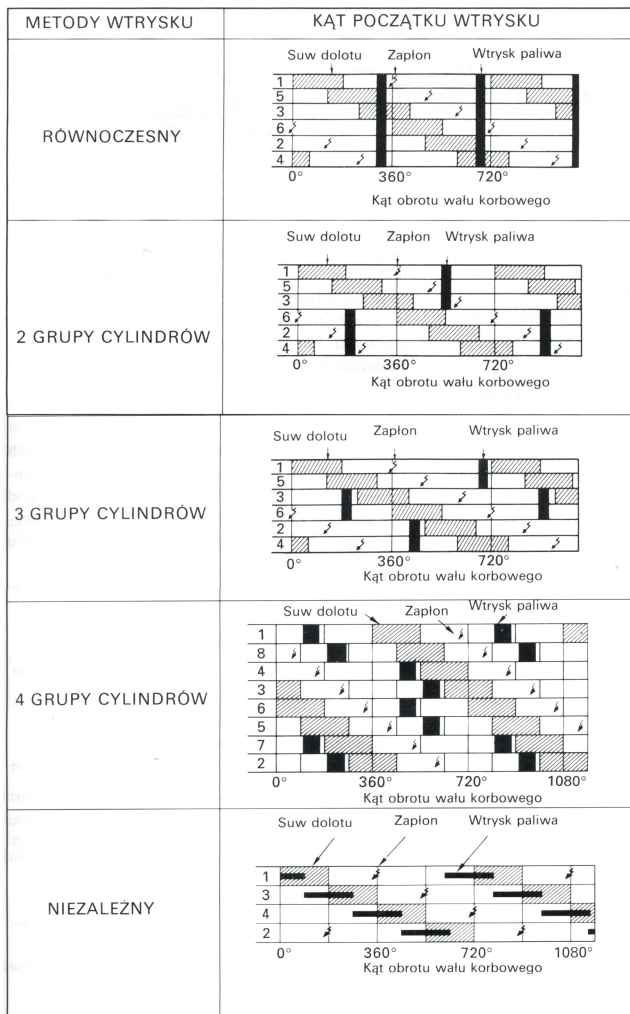
Podczas manewrów gwałtownego przyspieszania, np. podczas wyprzedzania, sterownik uzyskuje informacje, że kierowca wcisnął pedał przyspieszenia do końca. Zasada sterowania dawką zmienia się wtedy następująco: kierowcy nie zależy na zużyciu paliwa, ponieważ ważniejsze jest bezpieczeństwo. Sterownik wzbogaca skład mieszanki $\lambda < 1$ (0,8-0,95). Chodzi o to, aby całkowicie wykorzystać **powietrze** znajdujące się w cylindrze, co jest w opozycji do ekonomicznego trybu jazdy, gdzie chodziło o całkowite wykorzystanie **paliwa**.

Dodatkowo, przy potencjometrycznym czujniku położenia przepustnicy, układ sterujący może zróżniczkować jego sygnał uzyskując informację jak szybko kierowca naciska pedał przyspieszenia, co może wpływać na sposób wzbogacania mieszanki.

- Hamowanie silnikiem:

Ten stan pracy sygnalizowany jest sterownikowi informacją o zwolnieniu pedału przyspieszenia. O tym, że nie jest to stan biegu jałowego, układ sterujący ma informację z czujnika prędkości obrotowej silnika.

Wtrysk paliwa może się odbywać w różny sposób. Obliczona przez sterownik dawka paliwa może być podawana w sposób ciągły, grupowy lub sekwencyjny. Przykłady zaprezentowano na rysunku.



Rys. 3.5. Przykładowe sposoby wtrysku paliwa dla różnych silników o zapłonie iskrowym

3.3.3.2. UKŁADY BEZPOŚREDNIEGO WTRYSKU PALIWA W SILNIKACH O ZAPŁONIE ISKROWYM

W tym rozdziale zostaną omówione dwa przenikające się zagadnienia.

Stosowanie bezpośredniego wtrysku paliwa wiąże się z zastosowaniem koncepcji spalania w silniku mieszanek ubogich, tzn. o składzie $\lambda = 2-2,8$.

Silniki do spalania mieszanek ubogich (*Lean Burn Engine*) były wprowadzone na rynek w latach 80. XX wieku. Ich działanie opierało się o zastosowanie dodatkowego zaworu zawirowującego tuż przed jednym z dwóch zaworów dolotowych

(przy czterech zaworach na cylinder). Powodowało to odwirowanie mieszanki i jej uwarstwienie takie, aby w okolicach świecy zapłonowej znalazła się ona w granicach palności. Ta koncepcja jest także wykorzystywana w silnikach z bezpośrednim wtryskiem paliwa.

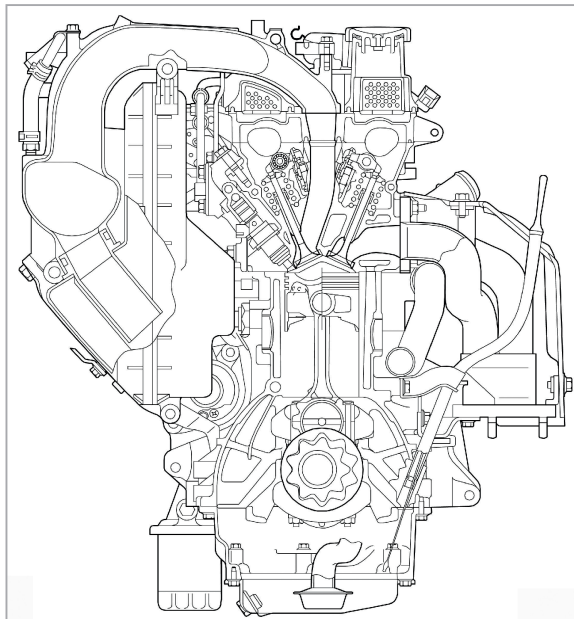
Dla dokładniejszego zapoznania się z zagadnieniem zostanie zaprezentowana budowa silnika GDI firmy Mitsubishi zastosowanego w latach 90. m.in. w samochodzie Mitsubishi Carisma.

Nazwa GDI jest zastrzeżona dla firmy Mitsubishi, co było do tego stopnia konsekwentnie realizowane, że nawet samochody Volvo S40 produkowane w tej samej, co Charisma, fabryce i wyposażone w ten sam układ napędowy nie mogły mieć tych trzech liter w formie napisu na nadwoziu.

- W porównaniu do konwencjonalnego silnika o zapłonie iskrowym silnik GDI wykorzystuje dwa różne tryby pracy:
 - tryb zasilania ubogą mieszanką,
 - tryb dużej mocy.
- Tryb dużej mocy może być podzielony na cztery części:
 - tryb dużej mocy przy zasilaniu ubogą mieszanką,
 - tryb dużej mocy przy zasilaniu mieszanką stechiometryczną,
 - tryb dużej mocy przy zasilaniu bogatą mieszanką,
 - tryb podwójnego wtrysku.
- Aby działanie w tych różnych trybach pracy było możliwe, sterownik silnika wymaga kilku dodatkowych lub udoskonalonych funkcji:
 - dodatkowe zawory obejściowe powietrza w układzie dolotowym dla trybu pracy na ubogiej mieszance,
 - poprawiony układ recyrkulacji spalin (EGR) dla zminimalizowania emisji NO_x ,
 - sterownik wtryskiwacza dla lepszego sterowania czasowego wtryskiem, czułością i dokładnością,
 - poprawione sterowanie prędkością biegu jałowego.

Cechą konstrukcyjną wyróżniającą ten silnik jest specyficzny kolektor dolotowy o pionowym usytuowaniu kanału dolotowego. Takie rozwiązanie umożliwia „zwrotny” przepływ doprowadzanego powietrza, co jest konieczne w przypadku silnika z wtryskiem bezpośrednim.

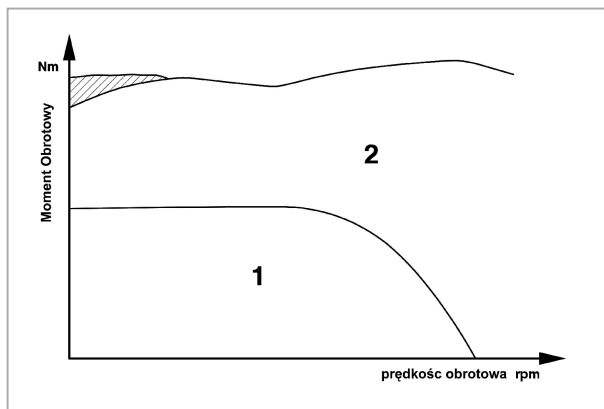
- Układ dolotu powietrza zawiera dwie komory rezonansowe. Jedna z komór znajduje się po stronie filtra powietrza. Komora ta zmniejsza hałas powodowany dolotem powietrza.



Rys. 3.6. Przekrój poprzeczny silnika GDI

Druga komora jest usytuowana za przepustnicą poniżej kolektora dolotowego. Poprawia ona charakterystykę momentu obrotowego między 3500 i 4500 obr./min. Jej objętość wynosi 2.2 litra.

- Na kolektorze znajdują się też dwa zawory obejściowe powietrza (bypass). Zawory te zapewniają dopływ dodatkowego powietrza, które jest potrzebne w trybie pracy na ubogiej mieszance. Dołączone są, za pomocą kanału, wzdłuż kolektora dolotowego do giętkiego przewodu doprowadzającego powietrze.



Rys. 3.7. Zakresy wykorzystywania różnych trybów pracy w silniku GDI

- Obudowa przepustnicy jest podgrzewana przez ciecz układu chłodzenia silnika. Rozwiązanie to usuwa potrzebę wstępnego podgrzewania doprowadzanego powietrza podczas rozruchu oraz podczas jazdy z zimnym silnikiem.

Dzięki wtryskowi paliwa do cylindra i specyficznemu ukształtowaniu kolektora, możliwe są dwa tryby pracy (Rys. 3.7).

- 1. Tryb spalania mieszanki bardzo ubogiej.

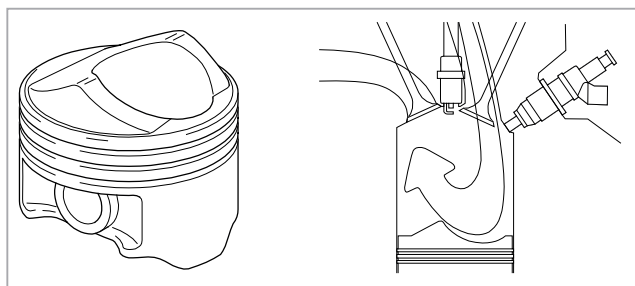
Tryb ten jest stosowany, jeśli silnik może pracować na małym obciążeniu w najbardziej typowych warunkach jazdy aż do prędkości 120 km/h. Silnik nie powinien pracować ze zbyt dużą prędkością obrotową, a pedał przyspieszenia nie powinien być wciskany zbyt głęboko. W trybie tym wtrysk ma miejsce w późnej fazie suwu sprężania, a zapłon następuje w bardzo ubogiej mieszance, o masowym stosunku paliwa do powietrza od 1:30 do 1:40.

- 2. Tryb pracy z dużą mocą.

Ten tryb pracy może być realizowany w czterech wariantach:

- Tryb pracy z dużą mocą przy zasilaniu mieszanką ubogą - jeśli silnik pracuje na wyższych prędkościach, wtrysk paliwa ma miejsce podczas suwu dolotu. Mieszanka paliwowo- powietrzna jest nadal uboga.
- Tryb pracy z dużą mocą przy zasilaniu mieszanką stechiometryczną - silnik pracuje z dużą prędkością i z dużym obciążeniem. Mieszanka jest stechiometryczna.
- Praca z dużą mocą przy zasilaniu mieszanką bogatą - silnik pracuje z dużą prędkością i z pełnym otwarciem przepustnicy.
- Tryb pracy z podwójnym wtryskiem *(część zakreskowana rys 3.7) - silnik pracuje z małą prędkością, ale przy pełnym otwarciu przepustnicy. Wtrysk ma miejsce zarówno w suwie dolotu jak i w suwie sprężania. Ten tryb pracy zapobiega spalaniu stukowemu przy małych prędkościach pracy silnika i przy pełnym otwarciu przepustnicy. Pierwszy wtrysk schładza komorę spalania, a drugi wzbogaca mieszankę, która zostaje zapalona w odpowiedniej chwili.

Uzyskanie uwarstwionego ładunku zostało zrealizowane dzięki opisanemu wyżej kolektorowi dolotowemu i dzięki specjalnie zaprojektowanemu kształtowi denka tłoka.



Rys. 3.8. Specyficzne ukształtowanie denka tłoka i umieszczenie kolektora dolotowego w silniku GDI

Pionowy kanał dolotowy tworzy szczególny strumień powietrza. Podczas suwu dolotu pionowy, prosty kanał dolotowy wywołuje silny, skierowany do dołu przepływ ładunku cylindra. Przepływ ten tworzy strumień, który wiruje w przeciwnym kierunku niż strumień tworzony w silniku konwencjonalnym – strumień odwrotny. Poza zastosowaniem prostego, pionowego kanału, kąt gniazda zaworu i samego zaworu oraz specjalne ukształtowanie przekrojów układu dolotowego zapewniają wzmocnienie strumienia przy ścianie cylindra, a osłabienie strumienia po stronie zaworów wylotowych.

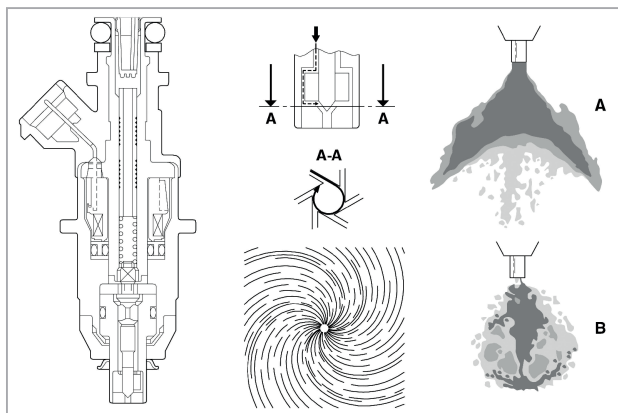
Wygięcie denka tłoka intensyfikuje działanie strumienia. Podczas całego suwu sprężania strumień odwrotny zostaje zintensyfikowany, a zatem prędkość powietrza pod koniec tego suwu jest bardzo duża, zwłaszcza we wgłębieniu tłoka. Pod koniec suwu sprężania (paliwo jest już wtrysnięte) przepływ od strony zaworów wylotowych będzie powodować jeszcze większe zawirowanie mieszanki. Służy to skoncentrowaniu paliwa w sąsiedztwie świecy zapłonowej bez niepożądanego rozproszenia paliwa. Takie działanie zapewnia optymalne sterowanie mieszanką paliwowo-powietrzną w cylindrze.

Ponadto zastosowano specjalny wtryskiwacz.

Podczas spalania bardzo ubogiej mieszanki paliwo jest wtryskiwane w późnej fazie suwu sprężania, bezpośrednio przed zapłonem. Powietrze zawarte w cylindrze jest w tym czasie bardzo gęste, więc paliwo z wtryskiwacza tworzy zwartą, sferyczną strugę. W wyniku działania strumienia oraz dzięki wygięciu denka tłoka struga szybko paruje i zostaje w stanie uwarstwienia i wymieszania przemieszczona do świecy zapłonowej. Podczas gdy mieszanka paliwowo-powietrzna jest bardzo uboga, biorąc pod uwagę całą komorę spalania, mieszanka w sąsiedztwie świecy zapłonowej ma skład optymalny z punktu widzenia możliwości uzyskania zapłonu. Ogólny stosunek masowy powietrza do paliwa w mieszance może być większy niż 40:1.

Silnik GDI może mieć wyższy stopień sprężania, co korzystnie wpływa na jego sprawność cieplną.

Parowanie benzyny bezpośrednio wtryskiwanej do cylindrów powoduje wydatny spadek temperatury komór spalania. Dzięki temu można zastosować wysoki stopień sprężania przy minimalnej tendencji do występowania w silniku spalania stukowego. Konstrukcja silnika GDI dopuszcza stosowanie stopnia sprężania rzędu 12:1, co jest trudne do osiągnięcia w konwencjonalnym silniku z wtryskiem wielopunktowym. Zastosowano także specjalnie zaprojektowany wtryskiwacz.

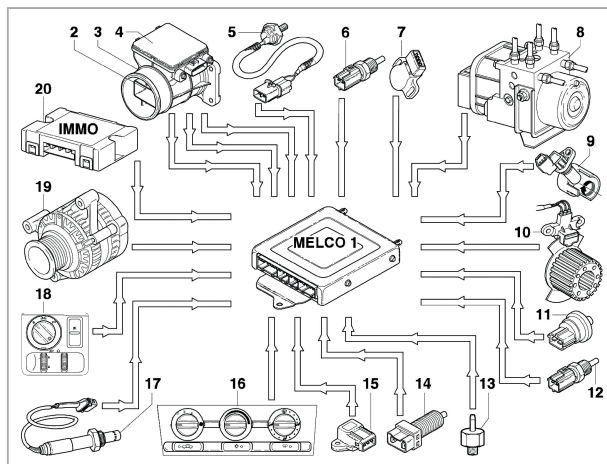


Rys. 3.9 Wtryskiwacz silnika GDI i jego działanie (A. Kształt strugi powstającej w wyniku wtrysku podczas suwu dolotu; B. Kształt strugi powstającej w wyniku wtrysku podczas suwu sprężania).

- W silniku GDI zastosowano wysokociśnieniowe wtryskiwacze wirowe. Ich cechy wynikają z optymalnie ukształtowanych gniazd iglicy i zawirowywaczy, które nadają paliwu silny ruch wirowy i w ten sposób sprzyjają rozpyleniu strugi paliwa.
- Wspomniany ruch wirowy zapobiega również kumulacji węgla w otworkach wtryskiwacza i w ten sposób powoduje wzrost trwałości i niezawodności.
- Kształt strugi wytwarzanej przez wysokociśnieniowy wtryskiwacz wirowy zapewnia optymalne spalanie we wszystkich warunkach pracy, co sprawia, że silnik GDI charakteryzuje się bardzo małym zużyciem paliwa i dużą mocą.
- Paliwo w kolektorze wtryskowym ma ciśnienie 5 MPa, które wytwarzane jest przez wysokociśnieniową pompę paliwa. Pompa ta jest napędzana mechanicznie przez wałek rozrządu zaworów dolotowych.
- Wtrysk pod tak wysokim ciśnieniem sprawia, że wielkość kropli paliwa jest dwukrotnie mniejsza niż w przypadku wtryskiwacza konwencjonalnego.
- Podczas wtrysku następującego w czasie suwu dolotu (jest to tryb wysokiej mocy) kształt strugi jest stożkowy. Cząstki paliwa tworzą spiralę poruszającą się do dołu.
- Podczas wtrysku następującego w czasie suwu sprężania (ma to miejsce przy spalaniu bardzo ubogiej mieszanki) kształt strugi jest sferyczny i zwarty.

W dziedzinie sterowania elektronicznego pracą silnika zastosowano kilka nowych elementów.

Poniższy opis zawiera sygnały wejściowe i wyjściowe sterowania pracą silnika GDI



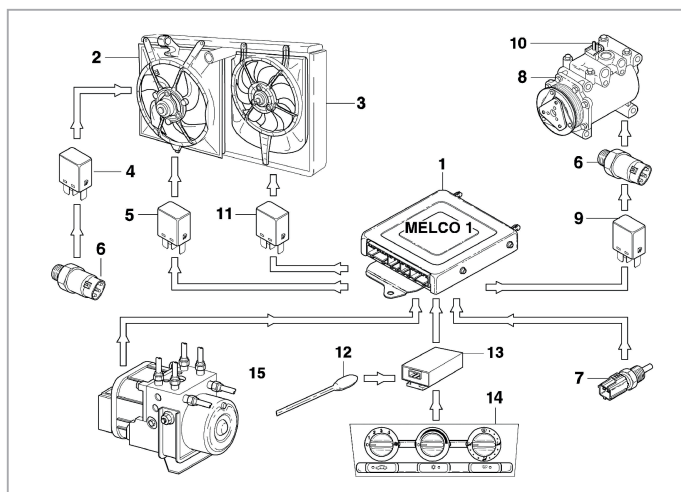
Rys. 3.10. Sygnały wejściowe układu sterowania

Sygnały wejściowe układu sterowania

Źródła sygnałów wejściowych		Cel użycia/uwagi/wartości
2	Czujnik przepływu powietrza	Działa według zasady wiru Karmana. Czujnik ten znajduje się w tej samej obudowie co czujniki ciśnienia i temperatury powietrza. W razie uszkodzenia nie jest możliwe spalanie ubogiej mieszanki, MELCO 1 wykorzystuje wartości z czujnika położenia przepustnicy.
3	Czujnik temperatury powietrza na dolocie (IAT)	Czujnik ten znajduje się obok czujnika przepływu powietrza. Jest to rezystor o ujemnym współczynniku temperaturowym (NTC). W razie uszkodzenia: wykorzystywana jest wartość 25°C.
4	Czujnik ciśnienia powietrza	Czujnik ten znajduje się w tej samej obudowie co czujnik przepływu powietrza. Wykorzystywany jest jako czujnik ciśnienia atmosferycznego lub jako czujnik wysokości. W razie uszkodzenia: wykorzystywana jest wartość 101 kPa.
5	Czujnik spalania stukowego	Znajduje się między 2. i 3. cylindrem, po stronie układu dolotowego silnika. Jest to zwykły element typu piezoelektrycznego. W razie uszkodzenia wykorzystywana jest stała charakterystyka (mapa). Volvo S40/V40 Melco 1: System sterowania silnika GDI
6	Czujnik temperatury cieczy chłodzącej	Jest to element o ujemnym współczynniku temperaturowym układu chłodzenia silnika (ECT) (NTC). Czujnik ten znajduje się w głowicy, przy obudowie termostatu. Służy tylko sterownikowi silnika. W razie uszkodzenia: wykorzystywana jest wartość 80°C oraz włączony zostanie wentylator układu chłodzenia (FC).

7	Czujnik położenia przepustnicy	Czujnik ten ma podwójną funkcję: pomiar chwilowego położenia (TP) przepustnicy za pomocą styku ślizgowego oraz położenia zamknięcia przepustnicy za pomocą oddzielnego styku ślizgowego. Czujnik ten może być regulowany na obudowie przepustnicy. W razie uszkodzenia: brak pracy na ubogiej mieszance.
8	Moduł sterowania ABS	Prędkość samochodu z przedniego lewego koła. W razie uszkodzenia: brak pracy na ubogiej mieszance na biegu jałowym oraz przy prędkościach silnika poniżej 1500 obr./min. Jeśli prędkość silnika jest stale powyżej 1500 obr./min, przez pewien czas praca na ubogiej mieszance jest możliwa.
9	Czujnik położenia wałka rozrządu (CMP)	Działa wykorzystując efekt Halla. Potrzebny jest do określania położenia wałka rozrządu podczas początku wtrysku i zapłonu. Wtrysk i zapłon następują sekwencyjnie. W razie uszkodzenia: MELCO kontynuuje działanie przy warunkach sprzed wystąpienia usterki.
10	Czujnik prędkości silnika (RPM)	Działa zgodnie z zasadą efektu Halla.
11	Czujnik ciśnienia paliwa	Ciśnienie paliwa po stronie wysokiego ciśnienia jest określone za pomocą czujnika ciśnienia z metalową membraną. Czujnik znajduje się w regulatorze ciśnienia. W razie uszkodzenia: wykorzystywana jest wartość 5 MPa.
12	Czujnik temperatury oleju	Jest to element o ujemnym współczynniku temperaturowym (NTC). Temperatura oleju jest określana, aby dostosować wielkość prędkości biegu jałowego w fazie rozgrzewania. Jest to jedynie zabezpieczenie przed nieprawidłową pracą na biegu jałowym.
13	Czujnik ciśnienia oleju w układzie wspomagania kierownicy	Ciśnienie w pompie oleju jest określone w celu dostosowania prędkości biegu jałowego podczas obracania kołem kierownicy. Ze względu na bardzo małą prędkość biegu jałowego (600 obr./min), prędkość ta musi być dostosowywana do sytuacji, w której używany jest układ kierowniczy. Jest to zabezpieczenie przed zgaśnięciem silnika w pewnych okolicznościach.
14	Włącznik świateł hamowania	Włącznik ten jest dołączony do zespołu sterowania silnika (ECU) w celu umożliwienia silnikowi, jeśli to konieczne, przełączenia na czas włączenia hamulca z trybu pracy na ubogiej mieszance do trybu normalnej pracy. Zapewnia to wystarczająco niskie ciśnienie w kolektorze dolotowym dla zachowania działania urządzenia wspomagającego w układzie hamulcowym.

15	Czujnik podciśnienia w urządzeniu wspomagającym układu hamulcowego	Czujnik ten mierzy ciśnienie w urządzeniu wspomagającym. Jeśli ciśnienie staje się zbyt małe, aby zapewnić prawidłowe działanie hamulców, sterownik silnika umożliwi silnikowi przełączenie z trybu pracy na ubogiej mieszance do trybu pracy normalnej. Zapewnia to wystarczająco niskie ciśnienie w kolektorze dolotowym do skutecznego wykorzystania przez urządzenie wspomagające układu hamulcowego.
16	Przełącznik klimatyzacji	Wysyła żądanie włączenia klimatyzacji. Przełącznik ten jest dołączony do zespołu sterowania silnika (ECU) w celu umożliwienia silnikowi, jeśli to konieczne, dostosowania prędkości biegu jałowego.
17	Sonda lambda (HO2S)	Mierzy ilość tlenu zawartego w spalinach. Jest to normalna (cyrkonowa) sonda typu Bosch.
18	Włącznik oświetlenia	Określanie mocy zużywanej energii elektrycznej. MELCO 1 może wzmocnić alternator przez regulację napięcia końcówki alternatora G. Wewnętrzny regulator napięcia w alternatorze reguluje wzbudzenie w zależności od tego sygnału. Uzyskiwane jest to przez regulację wielkości obciążenia
19	Końcówka alternatora FR	Określana jest wielkość obciążenia uzwojenia wzbudzenia alternatora. Sterownik silnika MELCO 1 wykorzystuje ten sygnał jako sprzężenie zwrotne do obciążenia alternatora. Może podlegać regulacji przez MELCO 1.
20	Moduł sterowania immobilizera	Działa w taki sam sposób jak Immobilizer 3 w EMS 2000. Najpierw 2 sekundy komunikacji między Melco 1 i modulem sterowania immobilizera, potem połączenie między Melco 1 i złączem połączenia diagnostycznego (DLC). Poprzez moduł sterowania immobilizera musi przejść kod VIN.



Rys. 3.11. Elementy wykonawcze układu sterowania

Elementy wykonawcze układu sterowania pracą silnika:

1. Sterownik silnika
2. Wentylator układu chłodzenia (FC)
3. Wentylator skraplacza
4. Przełącznik wentylatora układu chłodzenia sterowany przez ciśnienie klimatyzatora
5. Przełącznik wentylatora układu chłodzenia sterowany przez moduł silnika
6. Przełącznik ciśnienia klimatyzatora
7. Czujnik temperatury cieczy w układzie chłodzenia silnika (ECT)
8. Sprężarka klimatyzacji
9. Przełącznik sprężarki klimatyzacji
10. Przełącznik temperatury czynnika chłodniczego
11. Przełącznik wentylatora skraplacza
12. Czujnik temperatury parownika
13. Moduł sterowania klimatyzacji
14. Przełącznik klimatyzacji
15. Moduł ABS

Zasadnicze różnice pomiędzy wtryskiem wielopunktowym pośrednim i bezpośrednim to:

- Większe ciśnienie wtrysku w silniku GDI powoduje następującą konsekwencję: nie wystarczy już pompa paliwowa w zbiorniku dostarczająca do listwy paliwowej benzynę pod ciśnieniem rzędu 0.35 MPa. Dla osiągnięcia ciśnienia wtrysku rzędu kilkudziesięciu MPa potrzebna jest mechanicznie napędzana pompa paliwowa.
- Ponieważ silnik może spalać mieszanki ubogie, nie wystarczy tradycyjna dwustanowa sonda λ – musi być zastosowany czujnik składu mieszanki (szeropasmowa sonda λ).
- Dla mieszanek ubogich potrzebna jest większa ilość powietrza – jest ona dostarczana zaworami bocznikującymi przepustnicę, których nie ma w tradycyjnym wtrysku wielopunktowym.
- Niskie podciśnienia w układzie dolotowym podczas pracy na mieszankach ubogich mogą zakłócać pracę wspomaganą hamulców. Aby temu zapobiec, sterownik może wymuszać pracę silnika w trybie mieszanki stechiometrycznej. Oznacza to, że usterka w układzie wspomaganym może powodować np. zwiększone zużycie paliwa.

Ze względu na trudności w utrzymaniu na niskim poziomie emisji tlenków azotu towarzyszącej spalaniu mieszanek ubogich, zakres pracy silnika na mieszankach ubogich ulegał w kolejnych wersjach silnika znacznemu ograniczeniu.

3.3.3.3. SYSTEMY STEROWANIA UKŁADU ROZRZĄDU I GEOMETRII UKŁADU DOLOTOWEGO

3.3.3.a. Sterowanie fazami rozrządu

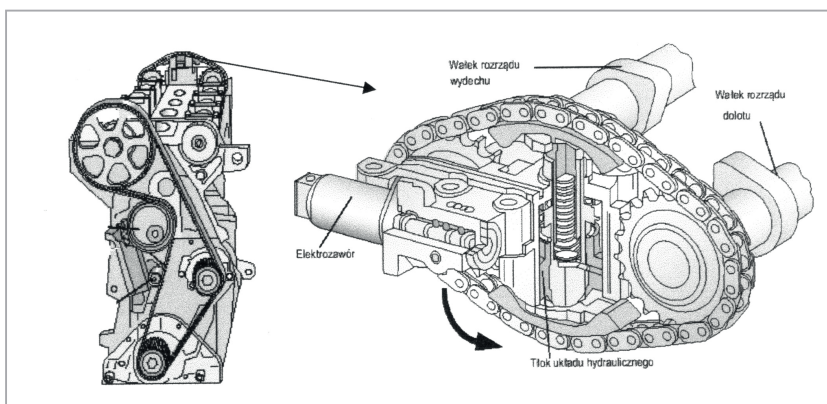
Początki sterowania fazami rozrządu na skalę prototypowo-badawczą miały miejsce w latach 70. i dotyczyły między innymi sterowania hydraulicznego zaworami w silnikach wolnoobrotowych.

W samochodach mechanizmy te pojawiły się na dużą skalę pod koniec lat 90. ubiegłego wieku.

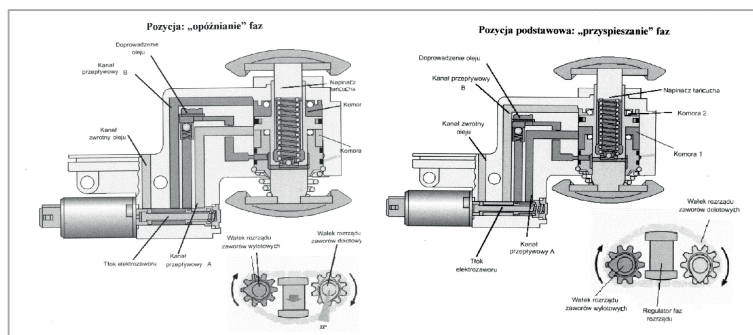
Zwykle tak bywa w rozwoju techniki, że na początku występuje kilka różnych rozwiązań technicznych, by po pewnym czasie, w miarę upowszechniania systemu, jedno z nich stało się obowiązującym standardem. Historia mechanizmów zmian faz rozrządu przebiegła podobnie.

Na początku pojawiły się dwa konkurencyjne rozwiązania.

Pierwszym był mechanizm zmiennych faz rozrządu, w którym wzajemne położenie wałków rozrządu sterowane było poprzez hydrauliczny regulator zmieniający ich wzajemne położenie poprzez oddziaływanie na łańcuch rozrządu łączący wałki między sobą. Rozwiązanie to zostało wprowadzone przez koncern Volkswagen-Audi. Napęd wałka zaworów wylotowych pobierany jest z wału korbowego paskiem zębatym, ma on zatem stałe położenie kątowe. Wałek zaworów dołotowych ma położenie zmienne.



Rys. 3.12. Budowa i zasada działania układu zmiennych faz rozrządu z hydraulicznym przestawianiem łańcucha – Seat



Rys. 3.13. Działanie układu zmiennych faz rozrządu z hydraulicznym przestawianiem łańcucha – Seat

Równoległe z rozwiązaniem VW zaistniało rozwiązanie stosowane przez koncern Toyota, które w prototypowej wersji jeździło na rynku japońskim jeszcze w samochodach typu CORONA II (znanych w Europie jako Carina II). Układ ten znany jest pod nazwą VVT-i (*Variable Valve Timing –intelligent*).

W rozwiązaniu tym pomiędzy kołem napędowym wałka rozrządu zaworów dolotowych a samym wałkiem zastosowano sterowaną hydraulicznie przekładnię kształtową.

Wykonanie tej przekładni było bardzo kosztowne, co spowodowało, że na początku seryjnego pojawienia się układu VVT-i trafiło ono do samochodów luksusowych, np. Lexus GS 300.

Po uproszczeniu hydraulicznego elementu wykonawczego VVT-i pojawił się on w najniższym wówczas modelu Toyoty, czyli debiutującym wtedy samochodzie Yaris. Takie rozwiązanie konstrukcyjne stało się rozwiązaniem dominującym i z większymi lub mniejszymi modyfikacjami stosowane jest obecnie powszechnie.

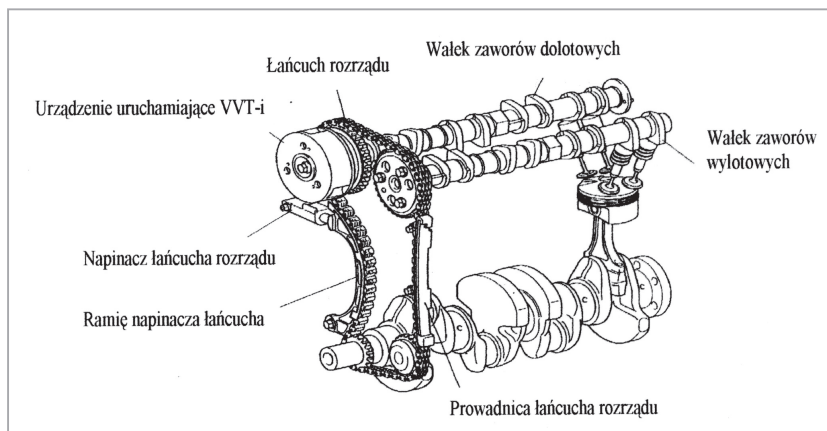
3.3.3.b. Układ VVT-i

W dużym uproszczeniu – układ zmiennych faz rozrządu ma za zadanie zmianę położenia kąтового wałka rozrządu zaworów dolotowych tak, aby kąt współotwarcia zaworów dolotowych i wylotowych zmieniał się. I tak – na biegu jałowym przekrycie powinno być małe lub nie powinno go być wcale, co pozwala na poprawienie napełnienia cylindrów dzięki zmniejszeniu resztek spalin. Realnie owocuje to możliwością obniżenia prędkości obrotowej biegu jałowego, co zmniejsza zużycie paliwa.

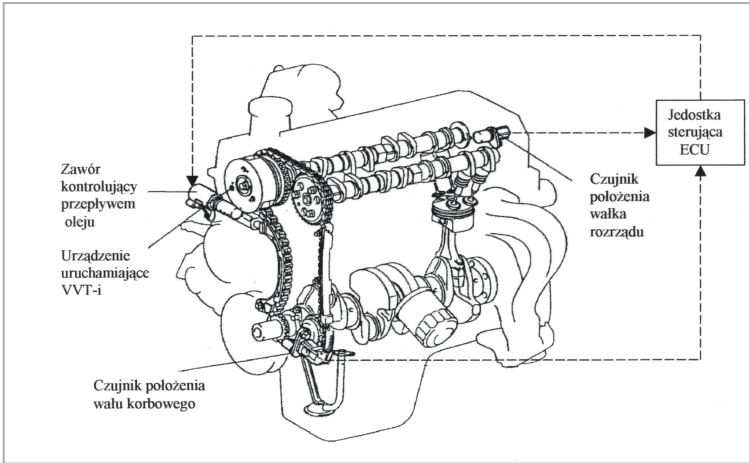
Podczas jazdy kąt współotwarcia zaworów zwiększa się, co poprawia napełnienie. W przypadku dużych obciążeń silnika rosnące współotwarcie zaworów pogarsza napełnienie dzięki pozostawianiu w cylindrze większej ilości spalin, co de facto skutecznie realizuje funkcję recyrkulacji spalin i dzięki temu ogranicza emisję tlenków azotu.

Dokładniejsze funkcjonowanie systemu opisuje tabelka.

Za- kres	Warunki	Działanie
1	Bieg jałowy	Maksymalne opóźnienie faz rozrządu w celu stabilizacji prędkości obrotowej biegu jałowego.
2	Średnie obciążenie	Wyrządzenie faz rozrządu osiąga wartość średnią. Pozwala to na lepszą pracę układu EGR oraz na zmniejszenie strat „pompowania” (zasysania powietrza dolotowego).
3	Bez obciążenia	Opóźnienie faz rozrządu w celu zmniejszenia współotwarcia zaworów, co poprawia stabilność pracy.
4	Duże obciążenie – zakres niskiej i średniej prędkości obrotowej silnika	Maksymalne wyrządzenie faz rozrządu, co zwiększa ilość powietrza w komorze spalania, zwiększając moment obrotowy w zakresie niskiej i średniej prędkości obrotowej silnika.
5	Duże obciążenie – zakres wysokiej prędkości obrotowej silnika	Częściowe opóźnienie faz rozrządu w zakresie wysokiej prędkości obrotowej silnika.
	Rozruch i unieruchomienie	Przy uruchamianiu i zatrzymywaniu fazy rozrządu są skrajnie opóźniane.
	Zakres niskich temperatur	Fazy rozrządu maksymalnie opóźnione tak, że nie ma współotwarcia zaworów. Zapobiega to „przelewaniu” się ładunku ze strony dolotu do wydechu co powoduje wzbogacenie mieszanki przy zimnym silniku. Ponadto praca silnika na biegu jałowym jest lepiej stabilizowana, co pozwala na zmniejszenie obrotów „szybkiego” biegu jałowego.



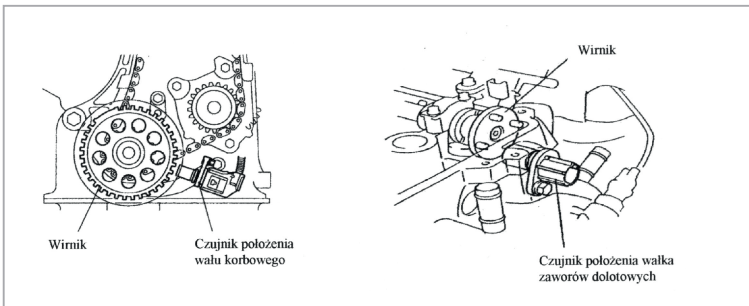
Rys. 3.14. Elementy składowe układu VVT-i – Toyota



Rys. 3.15. Elementy składowe sterowania układu VVT-i – Toyota

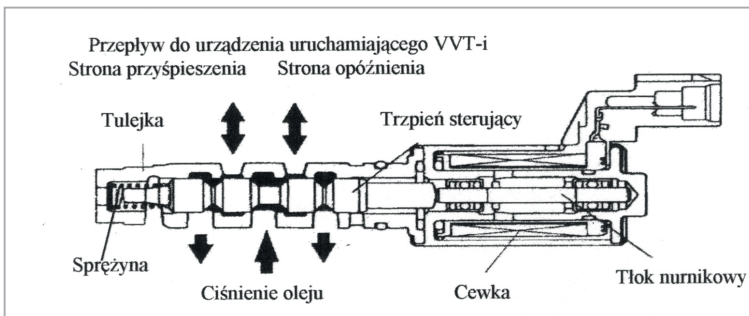
Schemat układu VVT-i.

Dodatkowe czujniki potrzebne do funkcjonowania układu to:

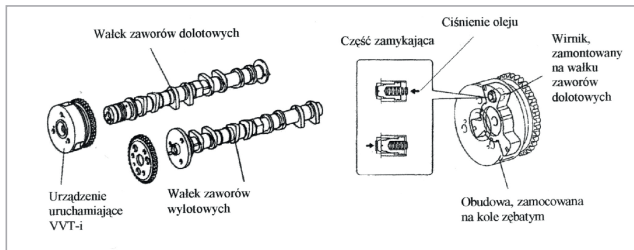


Rys 3.16. Czujniki sterowania układu VVT- i - Toyota

Podstawowym elementem sterującym po stronie wykonawczej układu jest zawór sterujący VVT-i, który podaje olej do odpowiedniej komory „siłownika” obracającego wałek rozrządu względem koła napędowego.

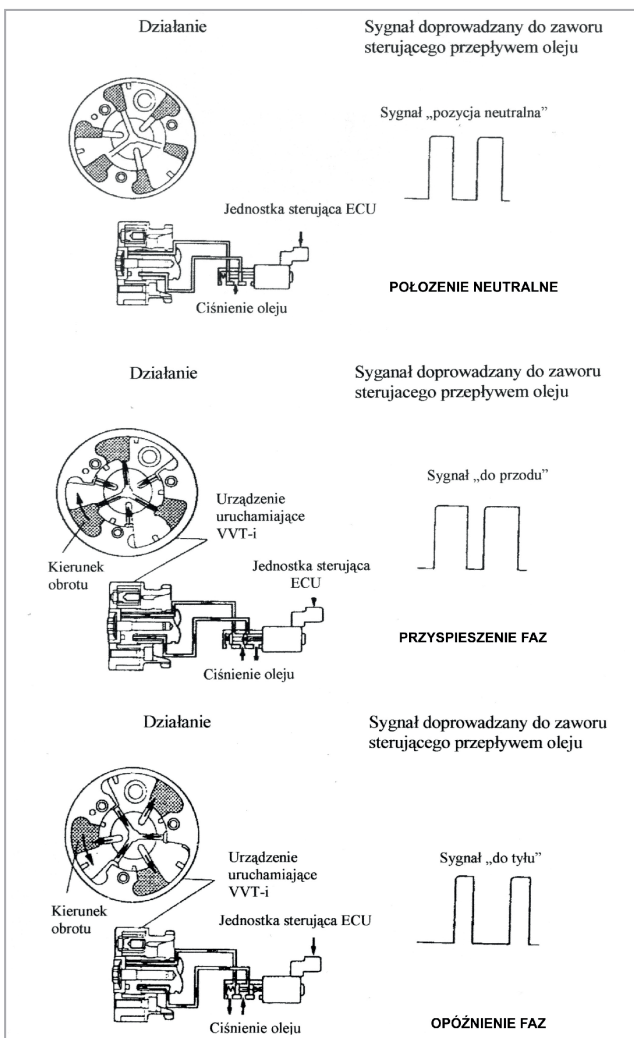


Rys. 3.17. Hydrauliczny zawór sterowania układu VVT-i – Toyota



Rys. 3.18. Hydrauliczny siłownik obrotu wałka względem koła napędowego układu VVT-i – Toyota

Działanie układu jest następujące:

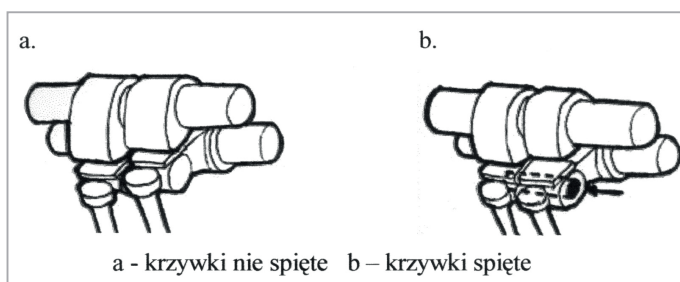


Rys. 3.19. Działanie układu zmiennych faz rozrządu VVT-i – Toyota

3.3.3.c. Zmienny zarys krzywki

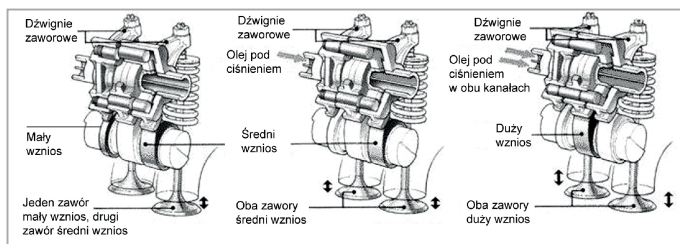
Pierwsze układy służące do zmiany zarysu krzywki zastosowała firma Honda i noszą one zastrzeżoną nazwę V-tec (*Valve Timing Engine Control*). W tym rozwiązaniu, w wersji podstawowej, na wałku rozrządu znajdują się dwie krzywki dolotowe.

Przy małych prędkościach i obciążeniach dwa zawory dolotowe (przypadające na cylinder) współpracują z dwoma różnymi krzywkami. W miarę wzrostu prędkości obrotowej i obciążenia silnika następuje przełączenie hydraulicznego układu, dzięki czemu oba zawory dolotowe napędzane są tą samą krzywką o większym wypełnieniu, co ilustruje poniższy rysunek.



Rys. 3.20. Zasada działania układu V-tec – Honda

Rozwój systemu V-tec polegał na umożliwieniu przełączania zarysu między trzema, a nie dwoma – jak w wersji bazowej – krzywkami.

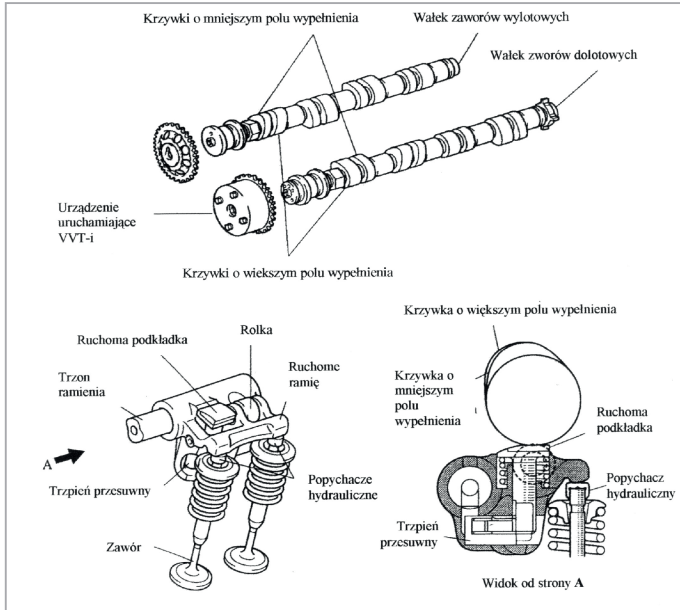


Rys. 3.21. Zasada działania trzystopniowego układu V-tec – Honda

Dalszy rozwój systemu sterowania zworami dolotowymi polegał na połączeniu dwóch opisanych wcześniej rozwiązań, to znaczy jednoczesnym zastosowaniu zmiennych faz rozrządu i zmiennego zarysu krzywek sterujących otwieraniem zaworów dolotowych.

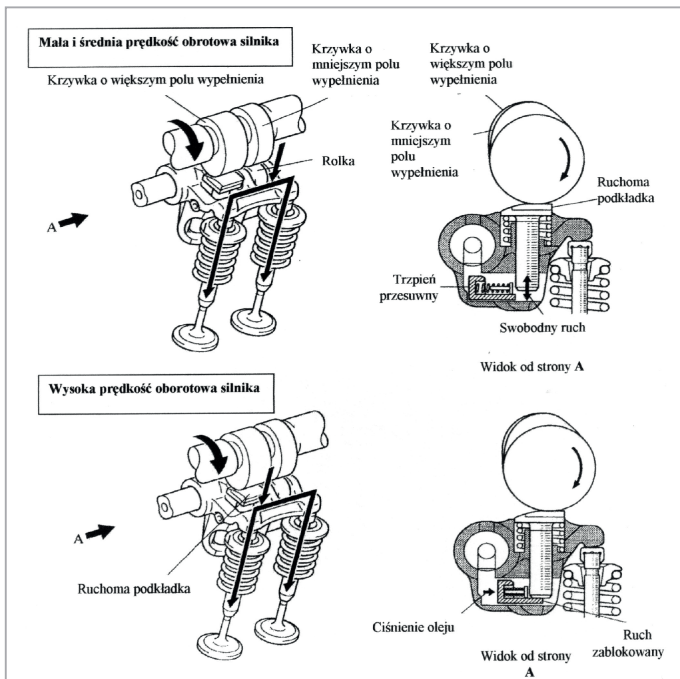
3.3.3.d. System VVTL-i Variable Valve Timing & Lift –inteligent)

Z czasem Toyota wzbogaciła swój system VVT-i o możliwość przełączania zarysu krzywek – w ten sposób powstał system VVTL-i.

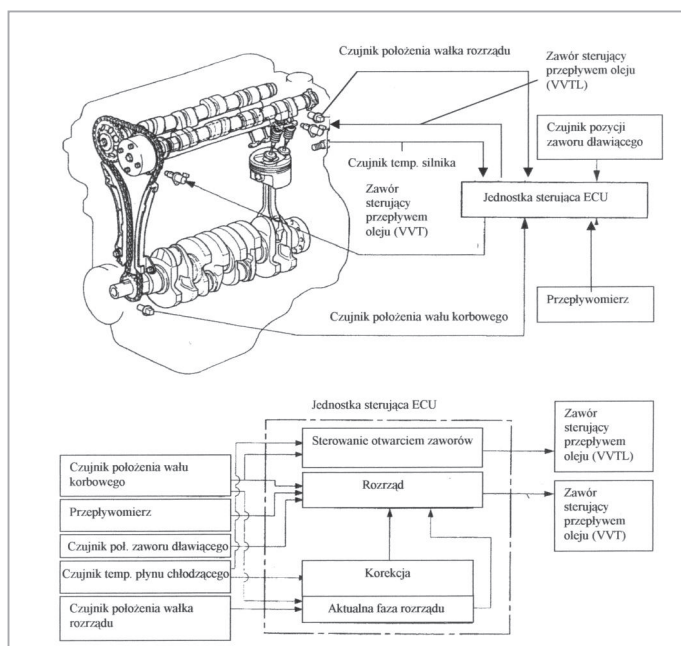


Rys. 3.22. Elementy składowe układu VVTL-i – Toyota

Ponieważ działanie mechanizmu zmiany faz zostało już dokładnie omówione, dlatego zaprezentowany dokładniej zostanie mechanizm zmiany wzniosu zaworów.



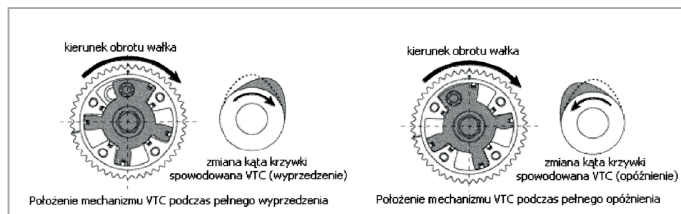
Rys. 3.23. Działanie mechanizmu zmiany wzniosu krzywki VVTL-i



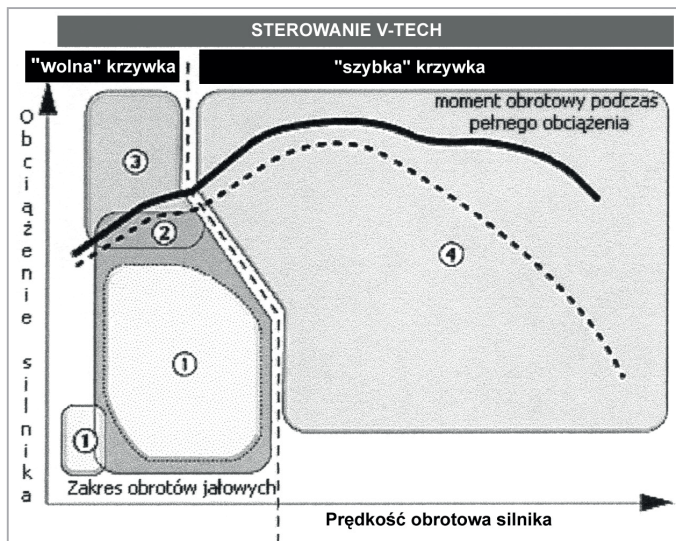
Rys. 3.24. Schemat funkcjonalny systemu VVTL-i wraz ze sterowaniem

3.3.3.e. System I-Vtec (Intelligent Valve Timing Engine Control)

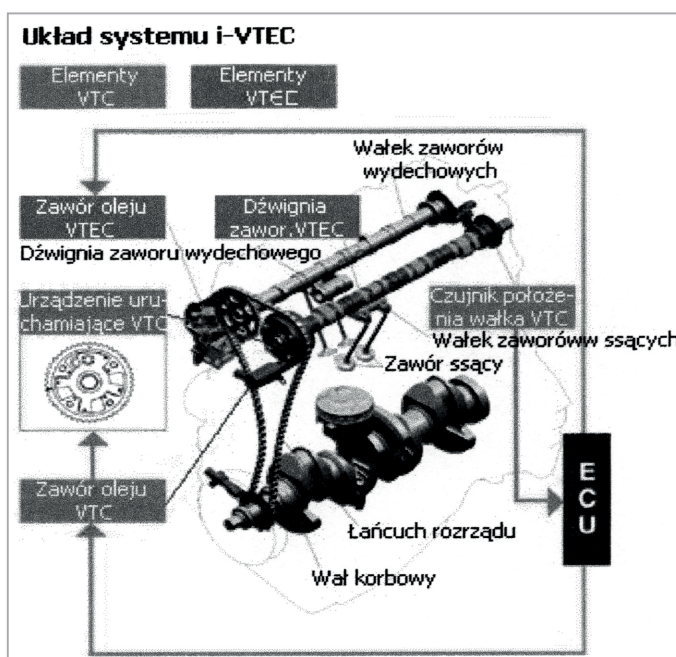
System ten, to nic innego jak połączenie stosowanego w Hondzie systemu zmian faz rozrządu VTC (*Valve Timing Control*) z systemem V-tec. VTC Hondy jest bardzo podobny do układu VVT-i Toyoty.



Rys. 3.25. Sterowanie zmiennymi fazami rozrządu przy pomocy układu VTC w silniku Honda



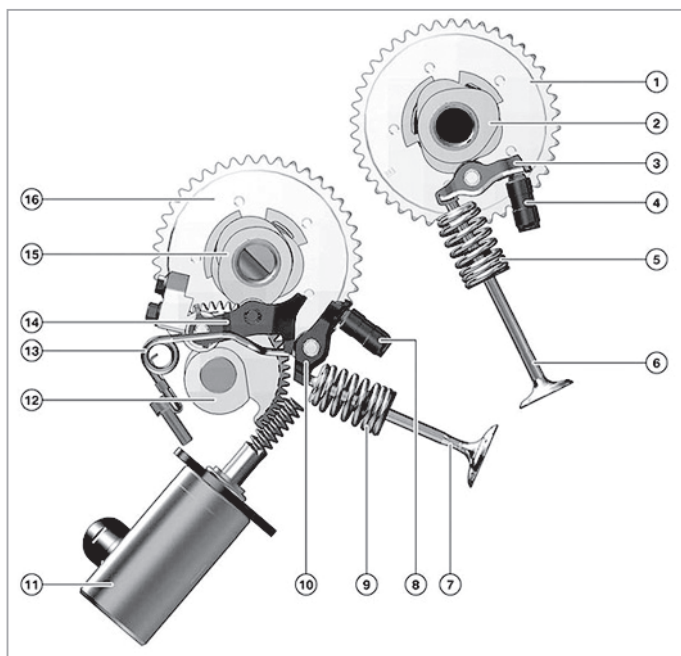
Rys. 3.26. Zakres wykorzystywania mechanizmu V-tec w silnikach Honda



Rys. 3.27. Schemat układu sterowania rozrządem Honda I-VTEC

3.3.3.f. Dalszy rozwój systemów sterowania rozrządem

Dalszy rozwój systemów to z jednej strony także umożliwienie zmiany położenia wałka rozrządu zaworów wylotowych, czyli zastosowanie takiego samego mechanizmu jak w przypadku zaworów dolotowych, a z drugiej strony umożliwienie płynnej zmiany zarysu krzywki, co z oczywistych względów nie może być zrealizowane na wałku rozrządu, a np. przez zastosowanie dźwignienki zaworowej o zmiennym przełożeniu – takim rozwiązaniem jest stosowany w BMW system Valvetronic.



Rys. 3.28. Elementy składowe układu Valvetronic (źródło: BMW Blog)

- 1 – Hydrauliczny “siłownik” ustawienia faz wałka zaworów wylotowych VANOS
- 2 – Wałek rozrządu zaworów wylotowych
- 3 – Dźwignia zaworowa z rolką
- 4 – Hydrauliczny kasownik luzu zaworowego HVA
- 5 – Sprężyna zaworu wylotowego
- 6 – Zawór wylotowy
- 7 – Zawór dolotowy
- 8 – Hydrauliczny kasownik luzu zaworowego HVA
- 9 – Sprężyna zaworu dolotowego
- 10 – Dźwignia zaworowa z rolką
- 11 – Silnik elektryczny (serwomotor) sterowania zarysem krzywki VALVETRONIC
- 12 – Wałek mimośrodkowy

13 – Sprężyna

14 – Dźwignia pośrednia

15 – Wałek rozrządu zaworów dolotowych

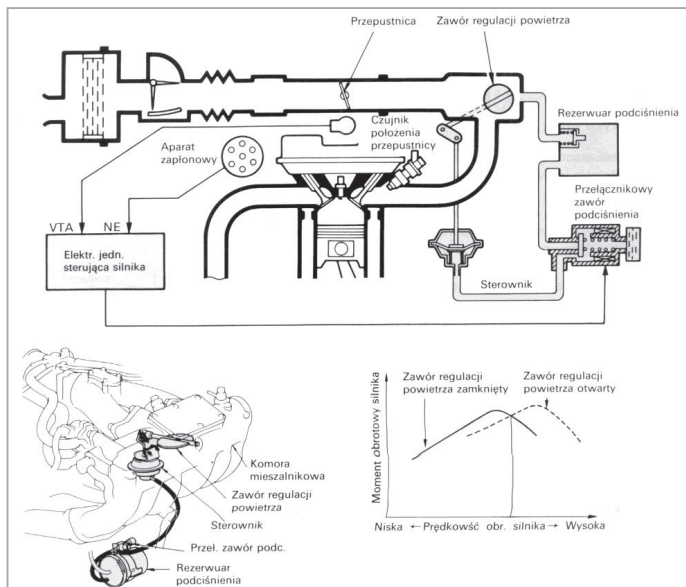
16 – Hydrauliczny “siłownik” ustawienia faz wałka zaworów dolotowych VANOS

Realizujące podobną funkcję układy to VVEL Nissana, Valvematic Toyoty czy Multiair Fiata.

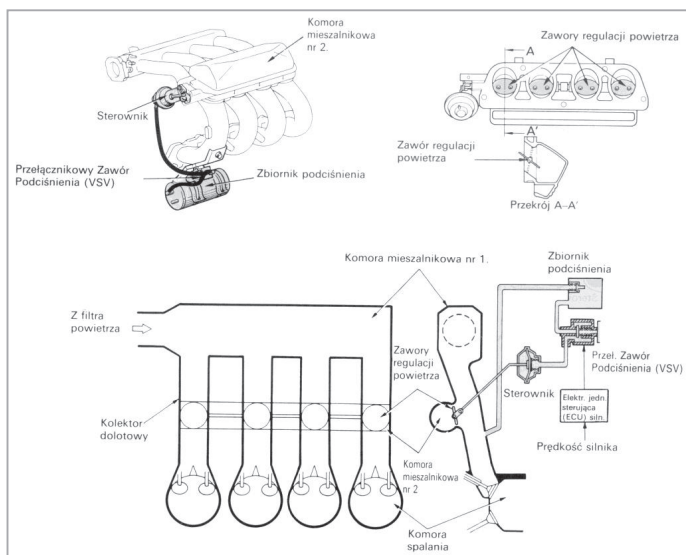
3.3.3.g. Układy służące do zmiany „geometrii” układu dolotowego

Wraz ze wzrostem zakresu prędkości obrotowych silników spalinowych coraz większą rolę zaczęły odgrywać efekty falowe zachodzące w kolektorach. Ponieważ struga powietrza (mieszanki) płynącego kolektorem do cylindra jest ściśliwa, a jej przepływ wymuszany jest okresowym otwieraniem i zamykaniem zaworów, musi zachodzić efekt drgania strugi powietrza. Ponieważ struga powietrza zamknięta w kolektorze o określonej długości ma określoną częstotliwość drgań własnych, to wykorzystanie efektów rezonansowych sprzyja lepszemu napełnianiu cylindra. Ponieważ częstość drgań własnych strugi zależy od czynnej długości kolektora (odnogi kolektora), to płynie z tego prosty wniosek, że określona długość kolektora sprzyja optymalnemu napełnieniu cylindra przy jednej określonej prędkości obrotowej. Z drugiej strony wiadomo, że zmienność momentu obrotowego silnika przebiega tak samo jak zmienność współczynnika napełnienia w funkcji prędkości obrotowej silnika – wszak rozwijanie momentu obrotowego jest funkcją napełnienia cylindra. Można zatem kształtując charakterystykę napełnienia kształtować przebieg momentu obrotowego. Moment obrotowy decyduje zaś o własnościach trakcyjnych pojazdu. Chcąc zatem uzyskać wysoki moment obrotowy w zakresie niskich prędkości obrotowych, trzeba zastosować kolektor umownie „długi”, zaś dla uzyskania maksimum momentu przy wysokich prędkościach, trzeba zastosować kolektor „krótki”. Aby zaś pogodzić te, w oczywisty sposób sprzeczne, wymagania, trzeba móc zmieniać czynną długość kolektora dolotowego w trakcie pracy silnika. Jako rezultat uzyska się dwie różne charakterystyki napełnienia (a co za tym idzie momentu obrotowego), które będzie można jednocześnie wykorzystywać. Jeśli możliwości zmiany długości będzie więcej niż dwie, to będzie oznaczało więcej niż dwa maksima na charakterystyce momentu obrotowego.

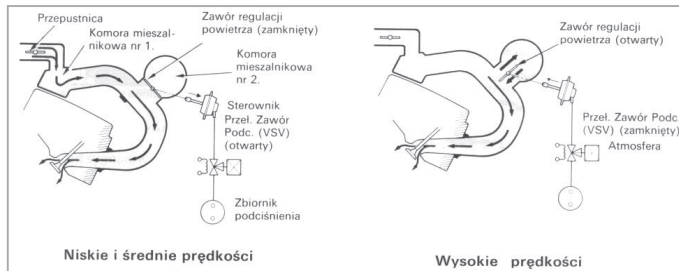
Przykładem rozwiązania zmiennej długości czynnej kolektora dolotowego jest system T-ACIS (*Toyota Acoustic Control Induction System*).



Rys. 3.29. Wersja systemu zmiennej czynnej długości kolektora dolotowego w silniku sześciocylindrowym



Rys. 3.30. Wersja układu T-ACIS dla silnika czterocylindrowego



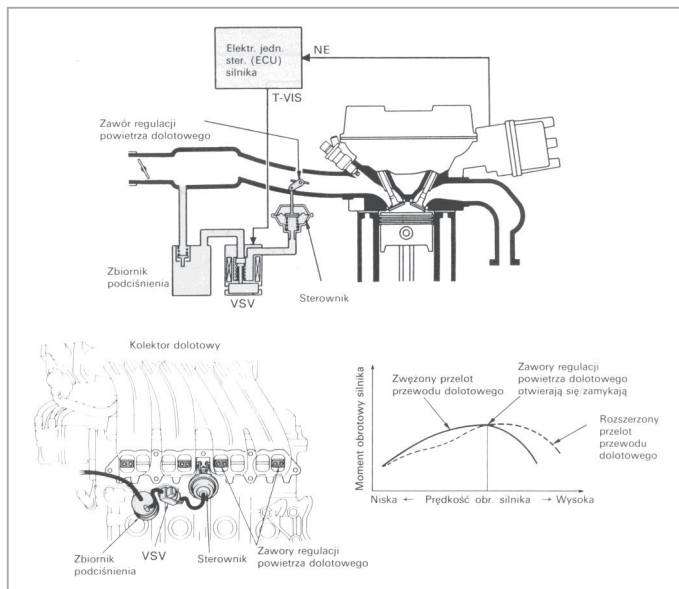
Rys. 3.31. Działanie układu T-ACIS dla silnika czterocylindrowego

3.3.3.h. System T-VIS (Toyota Variable Induction System)

Dla systematyki niniejszego opracowania należy odnotować system, w którym zmiana „geometrii” układu dolotowego sprowadza się do zmiany przekroju kanałów dolotowych, a nie do zmiany ich długości.

Merytorycznie ma to wpływ na napełnienie podobny nieco do zmiany wypełnienia krzywki w podstawowej odmianie V-tec .

Dla małych prędkości i obciążeń napełnienie odbywa się praktycznie jednym kanałem. Powyżej pewnej granicy otwarte są oba kanały i właściwie dopiero od tego momentu silnik wykorzystuje dwa zawory dolotowe przypadające na cylinder.



Rys. 3.32. Działanie układu zmieniającego przekrój czynny kanału dolotowego T-VIS

3.3.3.i. Podsumowanie zagadnienia

Pojawienie się wielu układów sterujących napętnieniem spowodowało powstanie nowej strategii zarządzania pracą silnika o zapłonie iskrowym. Przyjęto założenie, że pracę silnika dałoby się zdecydowanie zracjonalizować eliminując przepustnicę jako element sterujący. Oznacza to, że po przejściu z trybu biegu jałowego w tryb normalnej pracy przepustnica zostaje w pełni otwierana.

Intencje kierowcy odczytywane z czujnika położenia pedału przyspieszenia są realizowane przez opisane wcześniej układy, czyli sterowanie fazami rozrządu obu wałków, długością czynną kolektora dolotowego i zarysem krzywek na wałku rozrządu. Przykłady takich rozwiązań to silniki BMW N52B30 czy Volvo B6324S.

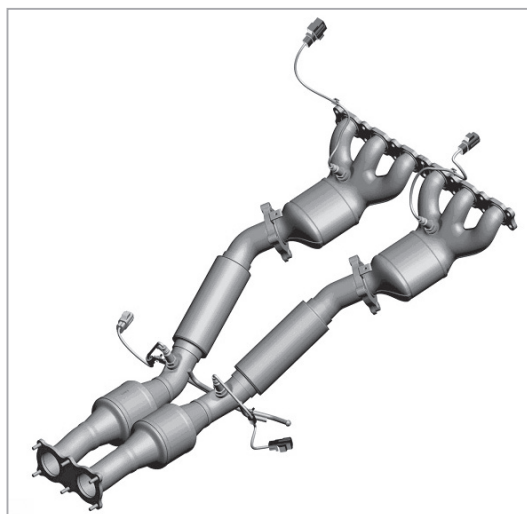
3.3.4. SYSTEMY OGRANICZENIA EMISJI SZKODLIWYCH SKŁADNIKÓW SPALIN

Zagadnienia proekologiczne dotyczące emisji trujących substancji przez samochody osobowe są od wielu lat podstawowym czynnikiem wymuszającym zmiany techniczne w samochodach napędzanych silnikami spalinowymi.

Podstawową metodą stosowaną w silnikach o zapłonie iskrowym jest stosowanie reaktorów katalitycznych, których działanie pozwala na zmniejszenie zawartości substancji trujących jakimi są:

- tlenek węgla CO,
- węglowodory C_nH_m ,
- tlenki azotu NO_x .

Pierwsze dwa składniki ulegają w reaktorze dopaleniu w obecności katalizatora, natomiast tlenki azotu podlegają redukcji.



Rys. 3.33. Przykładowy układ reaktorów katalitycznych dla silnika sześciocylindrowego Volvo

Przednie reaktory katalityczne są zintegrowane z kolektorem dolotowym w układzie, CCC (Close Coupled Catalyst)..Wkład jest ceramiczny, a liczba komórek na cal kwadratowy wynosi 400.

Tylne reaktory katalityczne w układzie UFC (Under Floor Catalyst) także mają ceramiczne wkłady oraz liczbę komórek na cal kwadratowy wynoszącą 400. Aktywnymi substancjami w reaktorach są platyna, pallad i rod.

Sondy lambda są typu szerokopasmowego i mają charakterystykę liniową. Dzięki silnie wzmocnionemu sygnałowi moduł ECU jest w stanie analizować wartość lambda dla każdego cylindra oddzielnie.

Tylne czujniki tlenu (HO₂S) mają charakterystykę dwustanową.

Obecnie stosuje się taką strategię ustawień faz rozrządu, kąta wyprzedzenia zapłonu i położenia przepustnicy, która pozwala na szybkie rozgrzanie reaktorów katalitycznych.

Drugą szeroko stosowaną metodą jest obniżenie temperatury spalania i zapobieganie w ten sposób dysocjacji cząsteczek azotu N₂, a – co za tym idzie – tworzeniu się tlenków azotu. Ten proces realizowany jest przez recyrkulację spalin EGR (*exhausted gas recirculation*), która może być realizowany przez dodatkowy zawór lub „wewnętrznie” dzięki układowi zmiennych faz rozrządu.

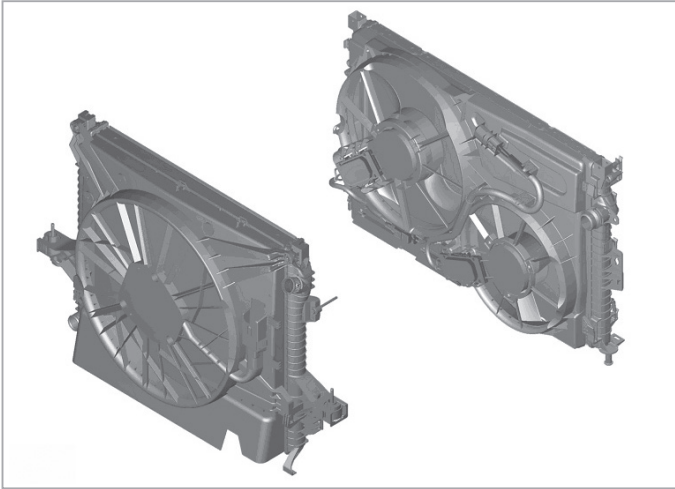
Trzecią metodą jest monitorowanie przebiegu procesu spalania i niedopuszczanie do „wypadania zapłonów”, czyli wydalania do układu wydechowego niespalonych dawek paliwa. O tym, czy w danym cylindrze przebiegł proces spalania, można rozstrzygnąć kilkoma sposobami. W dobie bardzo szybkich i wydajnych jednostek sterujących wykorzystuje się różniczkowanie prędkości obrotowej wału korbowego, co pozwala na wnioskowanie, czy w danym cyklu wystąpiła siła gazowa wymuszająca ruch tłoka czy nie. Inne sposoby to wykorzystanie czujnika drgań lub wnioskowanie na podstawie napięcia zwrotnego z cewki zapłonowej.

Ochrona środowiska to wreszcie nie tylko spaliny, ale także pary paliwa. Można więc spotkać układy, które wywołują w instalacji paliwowej nadciśnienie, a następnie mierzą spadek tegoż w określonym czasie. Szybki spadek ciśnienia świadczy o nieszczelności układu. Układy te są w stanie wykrywać nieszczelności odpowiadające otworowi o średnicy rzędu jednego milimetra.

Opary spalin wylapywane są przez odstojnik par paliwa EVAP, a następnie spalane.

3.3.5. INNE UKŁADY STEROWANIA STOSOWANE W SILNIKACH O ZAPŁONIE ISKROWYM (ZAWIESZENIE SILNIKA, UKŁAD CHŁODZENIA)

We współczesnych samochodach sterowanie wentylatorami układu chłodzenia objęte jest elektronicznym sterowaniem. Na ogół realizowane jest przez wentylatory elektryczne, np. tak:



Rys. 3.34. Zespół wentylatorów chłodnicy silnika sześciocylindrowego Volvo

Wspólnymi cechami obu wentylatorów są:

- silniki elektryczne komutatorowe,
- moduł ECM steruje wentylatorami sygnałem PWM wysyłanym do modułu sterowania wentylatorem EFCM (*Electronic Fan Control Module*),
- prędkość wentylatora ma cztery możliwe poziomy,
- wybieg (tzn. zatrzymywanie wentylatora) jest trzystopniowy. Wentylator chłodnicy, aby uchronić elementy silnika przed przegrzaniem, pozostaje włączony określony czas po wyłączeniu silnika. Ten czas włączenia wentylatora zależy od temperatury płynu chłodzącego i stylu jazdy kierowcy (obciążenia silnika) w momencie wyłączenia silnika. Im wyższa temperatura silnika i wyższe były obciążenia, tym dłuższy czas wybiegu. Maksymalny czas wybiegu to 360 sekund,
- moduł EFCM może, modulując sterowaniem sygnału PWM, informować moduł ECM o statusie wentylatora i stwierdzonych usterkach.

Przy stosowaniu dwóch wentylatorów:

- dwa wentylatory mają różne średnice,
- wentylatory mają własne moduły sterujące – EFCM,
- oba moduły EFCM otrzymują ten sam sygnał sterujący,

- PWM z modułu ECM. Sygnały te mogą jednak w różny sposób sterować wentylatorami i ich prędkości mogą być różne,
- oba wentylatory zawsze pracują razem,
- mniejszy zawsze obraca się szybciej.

W samochodach o wymaganym dużym komforcie jazdy można spotkać elementy zawieszenia silnika o zmiennej sztywności lub zmiennym tłumieniu. Funkcjonowanie „poduszki” silnika jest wtedy wspomagane przez elektroniczną regulację. Rozwiązania takie są jednak rzadko spotykane.

To zagadnienie kończy temat silników o zapłonie iskrowym. Niektóre zagadnienia w związku ze specyficzną formą tego opracowania zostały pominięte. Dotyczy to zwłaszcza układu zapłonowego, nadzoru nad prędkością biegu jałowego i realizacji stałej prędkości jazdy (*cruise control*).

3.3.6. SYSTEMY WTRYSKOWE W SILNIKACH Z ZAPŁONEM SAMOCZYNNYM

Silniki o zapłonie samoczynnym zdobyły swoją pozycję na rynku dzięki wysokiej sprawności cieplnej, co jest jednoznaczne z niskim jednostkowym zużyciem paliwa i bardzo dużym przebiegiem międzynaprawczym. Podstawową cechą tych silników jest dostarczanie paliwa pod wysokim ciśnieniem do wnętrza cylindra, gdzie ulega ono samozapłonowi. Aby paliwo mogło ulec samozapłonowi, wewnątrz cylindra muszą panować odpowiednio wysokie ciśnienia pod koniec suwu sprężania. Dlatego silniki o zapłonie samoczynnym powinny charakteryzować się odpowiednio wysokim stopniem sprężania, który (w orientacyjnych granicach) wynosi $\epsilon=16-24$. Ponieważ paliwo w formie płynnej podane do cylindra musi wewnątrz cylindra odparować, utworzyć mieszaninę palną, zapalić się dzięki samozapłonowi i ulec spaleni, proces ten musi zająć więcej czasu, co nie pozwala na uzyskiwanie w silnikach o zapłonie samoczynnym tak wysokich zakresów prędkości obrotowej jak w silnikach o zapłonie iskrowym. To jest bezpośrednia przyczyna długiej żywotności tych silników. Wszak na przebycie określonego dystansu silnik ZS musi wykonać mniej cykli pracy niż silnik ZI, a każdy ruch tłoka i każdy obrót wału korbowego oznacza ich postępujące zużycie. Podstawowym elementem układu zasilania silnika o zapłonie samoczynnym jest pompa wtryskowa zasilająca wtryskiwacz, dzięki któremu paliwo pod wysokim ciśnieniem trafia do cylindra.

Na początku ekspansji silników o zapłonie samoczynnym pompa wtryskowa składała się z takiej ilości sekcji tłoczących, ile występowało cylindrów. Takie pompy to pompy sekcyjne – najczęściej występują typu Bosch. Wykonanie dużej ilości precyzyjnych sekcji (o luzie między tłoczkiem i cylinderką rzędu kilku μm) było procesem kosztownym i dlatego w silnikach samochodów osobowych pojawiły się pompy rozdzielaczowe, gdzie występuje jedna para precyzyjna powodująca wystąpienie wysokiego ciśnienia. Następnie paliwo dzięki rozdzielaczowi kierowane jest do wtryskiwacza odpowiedniego cylindra. Ruch tłoczka może być wzdłuż osi pompy

(pompa Bosch) lub poprzeczny do osi (pompa Lucas). Z czasem rozdzielaczowe pompy wtryskowe wyposażono w elektroniczną regulację, która zastąpiła przede wszystkim tradycyjne regulatory odśrodkowe.

Budowę takich pomp pominiemy, podobnie jak pominieliśmy wcześniej wtrysk jednopunktowy i „elektroniczny gaźnik”.

3.3.7. WTRYSK BEZPOŚREDNI W SILNIKACH ZS

Następujący na skutek wtrysku paliwa do cylindra samozapłon to nic innego jak „wybuch” dawki paliwa. Powoduje on efekt bardzo szybkiego narastania ciśnienia, co zwykle określa się jako „twardą” pracę silnika. Taki charakter pracy powoduje powstanie drgań, które w przypadku stosowania silnika w samochodzie ciężarowym nie stanowią specjalnego problemu. Ramowa konstrukcja pojazdu wytrzymuje znaczne drgania silnika. Odmienne wygląda ten aspekt pracy silników ZS wtedy, gdy zostaną one umieszczone w samochodach osobowych. Samonośna konstrukcja nadwozia, do której zamocowany jest silnik „nie radzi” sobie z twardą pracą silnika, a drgania doprowadzają często do mechanicznego pęknięcia nadwozia. Dlatego wysiłki konstruktorów zmierzały w stronę uczynienia pracy silnika bardziej „miękką”, co oznacza takie ukształtowanie komory spalania, które pozwoli obniżyć stopień narastania ciśnienia przypadający na 1 stopień obrotu wału korbowego. Oznaczało to podzielenie komory spalania.

Historycznie wystąpiły dwa rozwiązania: komora z zasobnikiem powietrza i komora wirowa.

To drugie rozwiązanie okazało się skuteczne i stosowane było całe dziesięciolecie w silnikach ZS napędzających samochody osobowe, czy ogólniej mówiąc – małe samochody o samonośnej konstrukcji. Sukces tego rozwiązania miał jednak pewną wadę, a mianowicie większa powierzchnia komory spalania oznaczała większe straty ciepłne i o poziomach zużycia paliwa charakterystycznych dla wtrysku bezpośredniego można było zapomnieć.

Sam wtrysk bezpośredni zadomowił się na dobre w samochodach ciężarowych, gdzie komora spalania płaska, toroidalna lub innego kształtu (zwykle zastrzeżonego nazwą producenta silnika) mieści się w denku tłoka.

3.3.8. UKŁADY Z POMPOWTRYSKIWACZAMI I INDYWIDUALNYMI POMPAMI WTRYSKOWYMI

Z rozwojem technologii wtrysku nastąpił postęp w dziedzinie wielkości wykorzystywanego ciśnienia wtrysku.

Ponieważ sekcyjna pompa wtryskowa połączona jest z wtryskiwaczami przewodami wysokiego ciśnienia, to jasne jest, że ciśnienia nie da się podnosić ponad pewną granicę. Tę granicę wymusza elastyczność przewodu, który przy pewnej wartości ciśnienia wygenerowanego przez pompę zakumuluje całą dawkę paliwa odkształ-

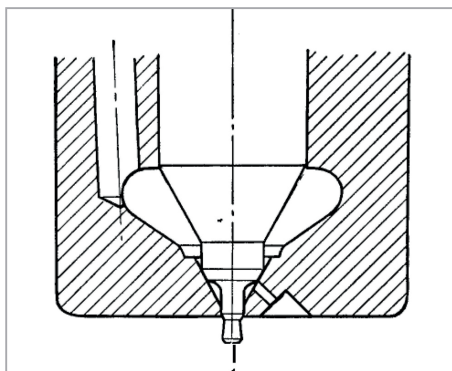
cając się sprężycie. Rozwiązaniem konstrukcyjnym, które rozwiązało ten problem było połączenie sekcji wtryskowej rzędowej pompy paliwa z wtryskiwaczem.

Tak powstały pompowtryskiwacze, czyli aparatura wtryskowa pozwalająca na osiągnięcie bardzo wysokich (nieco ponad 200 MPa) ciśnien wtrysku paliwa.

3.3.9. BEZPOŚREDNI WTRYSK PALIWA W SAMOCHODACH OSOBOWYCH

Wracając do samochodów osobowych – były wszakże takie, gdzie z powodzeniem stosowano bezpośredni wtrysk paliwa (czyli niskie zużycie paliwa) przy uzyskaniu stosunkowo „miękkiej” pracy silnika. Taki kompromis był możliwy dzięki podzieleniu dawki paliwa.

Pierwszym rozwiązaniem jakie zastosowano był wtryskiwacz typu Pintaux.



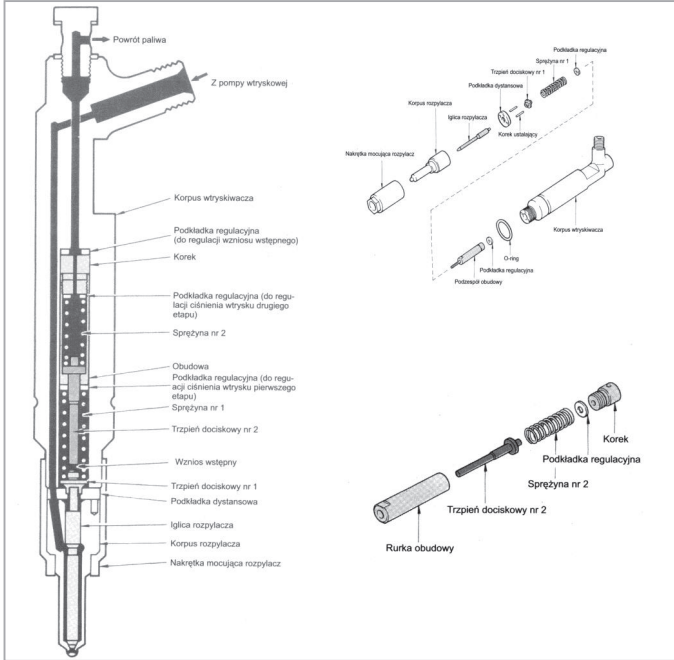
Rys 3.35. Końcówka wtryskiwacza typu Pintaux

Jak widać z rysunku, wtrysk paliwa odbywa się najpierw otworkiem bocznym. Tak dostarczone paliwo podlega samozapłonowi, jednak „wybuch” nie jest silny bowiem dawka paliwa jest niewielka. Następnie otwiera się główna dysza i paliwo podawane jest już do obszaru płonącej już mniejszej dawki.

Rzecz jasna boczne otworki wtrysku „pilotującego” musiały się zatykać...

Tej wady pozbawione są wtryskiwacze dwustopniowe zawierające dwie sprężyny o różnej sztywności.

Ciśnienie paliwa najpierw pokonuje pierwszą – następuje wtrysk pilotującej dawki paliwa, a potem drugą, aby dostarczyć zasadniczą dawkę paliwa. Tego typu rozwiązanie miały stosowane w samochodach osobowych popularnie silniki, np. VW 2.4 TDI czy silnik 1HDT samochodu Land Cruiser. Niestety – wtryskiwacze dwustopniowe sprawiają pewne kłopoty serwisowe w zakresie regulacji ciśnienia wtrysku i dlatego rozwiązanie to nie było stosowane powszechnie.



Rys. 3.36. Wtryskiwacz dwustopniowy

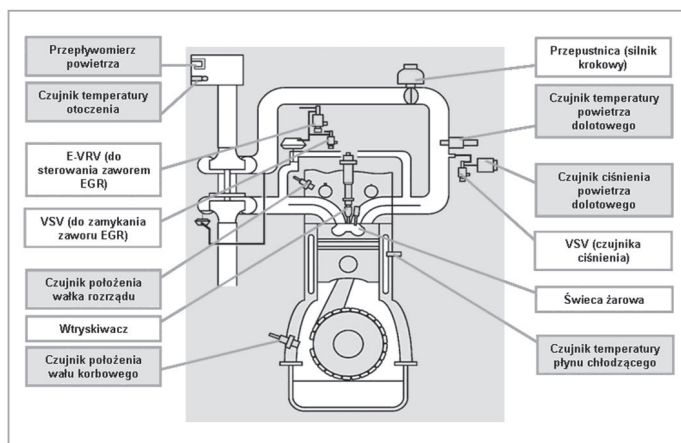
W tym miejscu można zauważyć, że stosowanie pompowtryskiwaczy w samochodach osobowych niezależnie od tego, jak silnie ich producent epatowałby wartościami osiągniętych ciśnień wtrysku, nie pozwala to na podział dawki paliwa i dlatego rozwijanie tej technologii nie przyniesie zauważalnie lepszych rezultatów.

3.3.10. ZASOBNIKOWY UKŁAD WTRYSKOWY (TYPU COMMON RAIL)

Pozbawiona wspomnianych wcześniej wad jest wersja podzielonego wtrysku bezpośredniego sterowana elektronicznie. Takim rozwiązaniem są zasobnikowe układy wtryskowe, które opanowały układy zasilania silników o zapłonie samoczynnym na przełomie XX i XXI wieku. Można by wręcz powiedzieć, że silniki o zapłonie samoczynnym samochodów osobowych weszły w XXI wiek wyposażone w zasobnikowe układy wtryskowe znane jako Common Rail.

nie może być dokonane z wykorzystaniem napięcia 12 V, to za modułem sterującym musi znaleźć się moduł mocy UDU wykorzystujący na ogół napięcia rzędu 100 V.

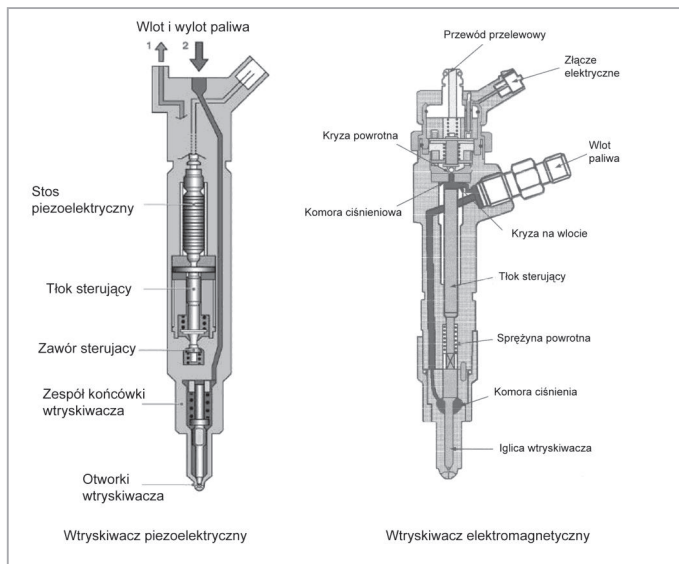
- c. Kształtowanie dawki paliwa w silniku ZI w większości cyklu pracy jest objęte utrzymywaniem mieszanki na poziomie $\lambda=1$, a informacją podstawową jest informacja o ilości pobranego powietrza. W silniku ZS informacje o dawkach paliwa odpowiadających poszczególnym prędkościom obrotowym silnika (znanym z czujnika prędkości obrotowej) i jego obciążeniom (znanym z czujnika położenia pedału przyspieszenia) przechowywane są w pamięci sterownika w postaci charakterystyk trójwymiarowych zwanych żargonowo „mapami”. Dawka paliwa może być korygowana w oparciu o informacje np. o stanie cieplnym silnika. Informacja z przepływomierza ma na celu określenie maksymalnej dawki paliwa, jaka może się spalić w danych warunkach napełnienia. Taka informacja zabezpiecza silnik przed przekroczeniem granicy dymienia w warunkach przeciążenia.



Rys. 3.39. Schemat zasobnikowego układu wtryskowego sygnały wejściowe i wyjściowe.

Wraz z rozwojem technologii common rail zastosowano coraz wyższe ciśnienia i podział dawki paliwa na więcej niż dwie części – niektóre z nich mają za zadanie dogrzanie reaktora katalicznego i filtra cząstek stałych.

Większa ilość dawek składowych wynikająca z podziału dawki paliwa wymusiła zastosowanie wtryskiwaczy o mniejszej niż elektromagnetyczne bezwładności. To spowodowało pojawienie się w silnikach common rail wtryskiwaczy piezoelektrycznych.



Rys. 3.40. Wtryskiwacz układu zasobnikowego elektromagnetyczny i piezoelektryczny

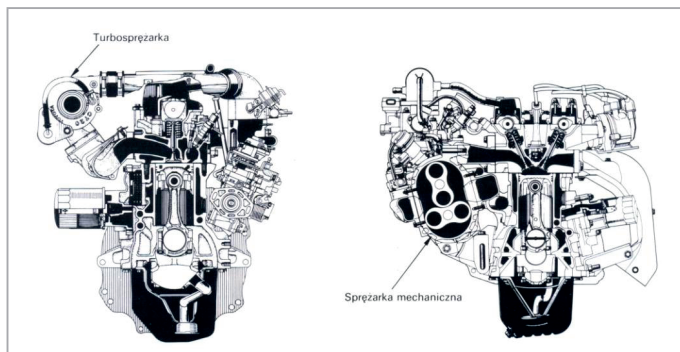
Nowa technologia nie jest jednak prosta w diagnostyce i obsłudze i wymaga na ogół współpracy z wyspecjalizowanym kooperantem.

Silniki o zapłonie samoczynnym wykorzystujące zasobnikowy wtrysk paliwa charakteryzują się wysokimi sprawnościami, które może dodatkowo zwiększyć turbodoładowanie.

Zastosowanie tej technologii spowodowało zwiększenie zakresu prędkości obrotowych z jakimi pracują silniki ZS, a zatem ich trwałość w porównaniu z tradycyjnymi rozwiązaniami z komorą wirową będzie mniejsza.

3.3.11. DOŁADOWANIE W SILNIKACH O ZAPŁONIE SAMOCZYNNYM

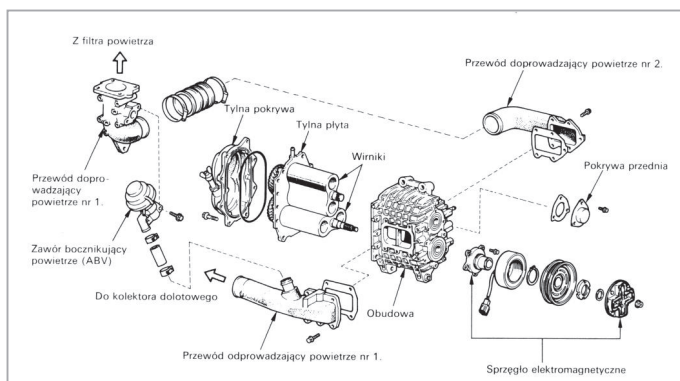
Jak wynika z wzoru określającego moc silnika spalinowego, zależy ona od trzech parametrów: objętości skokowej, prędkości obrotowej odpowiadającej maksymalnej mocy i średniego ciśnienia efektywnego. Maksymalną moc rozwijaną przez silnik można zatem zwiększyć zwiększając któryś z tych parametrów. W silnikach o zapłonie samoczynnym szczególnie skutecznym sposobem jest zwiększanie mocy poprzez zwiększenie średniego ciśnienia efektywnego, co daje się uzyskać przez zastosowanie doładowania. Doładowanie silników ma historię prawie tak długą, jak silniki, bowiem pierwsze próby doładowywania silników wykonano jeszcze w XIX wieku. Doładowanie silnika polega na wymuszeniu napełnienia cylindra przy pomocy sprężarki.



Rys. 3.41. Doładowanie mechaniczne i turbodoładowanie w silnikach Toyota

We współczesnych silnikach o zapłonie samoczynnym stosuje się sprężarki wirnikowe, które napędzane są energią spalin poruszających turbinę. Takie rozwiązanie nazywamy turbodoładaniem.

Takie rozwiązanie pozwala dodatkowo na odzyskanie części energii w silniku wolnosącym bezpowrotnie traconej wraz z ulatującymi spalinami. Ma to pozytywny wpływ na sprawność ogólną silnika. W silnikach o zapłonie iskrowym można spotkać także sprężarki mechaniczne biorące napęd za pomocą przekładni z wału korbowego. Takie doładowanie nazywamy doładaniem mechanicznym.



Rys. 3.42. Typowa sprężarka mechaniczna ROOTS stosowana w silnikach o zapłonie iskrowym

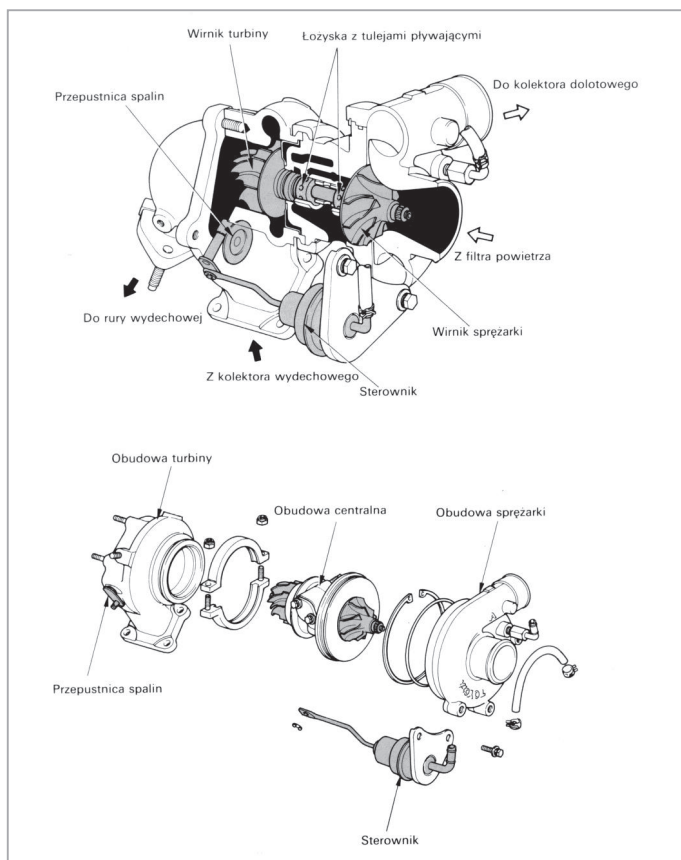
Jest wreszcie oryginalne rozwiązanie typu Complex, które można potraktować jako historyczne. Ciśnienie doładowania waha się w granicach od 1,5 bara (maksymalna wartość przyjmowana dla doładowania niskiego) do ponad 2 bar dla doładowania wysokiego.

3.3.11.1. STEROWANIE TURBOSPŘĘŻARKĄ

Sterowanie ciśnieniem doładowania odbywa się dwoma sposobami.

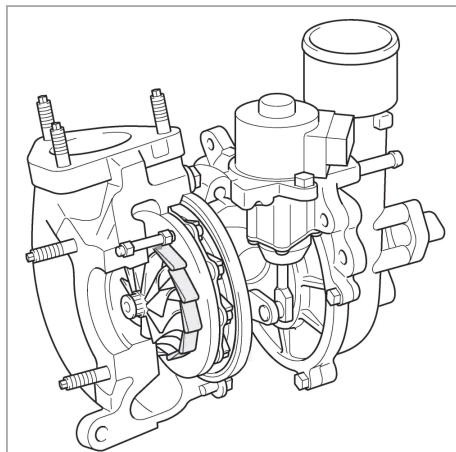
Pierwszy z nich stosowany był jeszcze w czasach, kiedy wtrysk paliwa nie podlegał elektronicznemu sterowaniu i realizowany jest przez zmianę ilości spalin napędzających wirnik turbosprężarki.

Innymi słowy – przy wyższych prędkościach obrotowych część spalin omija sprężarkę kanałem bocznikującym. O ilości tych spalin decyduje zawór sterujący nazywany zaworem upustowym lub *wastegate*. Zawór otwiera się dzięki siłownikowi z membraną, na którą oddziałuje ciśnienie panujące w kolektorze dolotowym. Można taki układ sterowania wzbogacić o dodatkowy zawór elektromagnetyczny sterujący ciśnieniem oddziałującym na membranę siłownika otwierającego zawór upustowy (przepustnicę spalin).

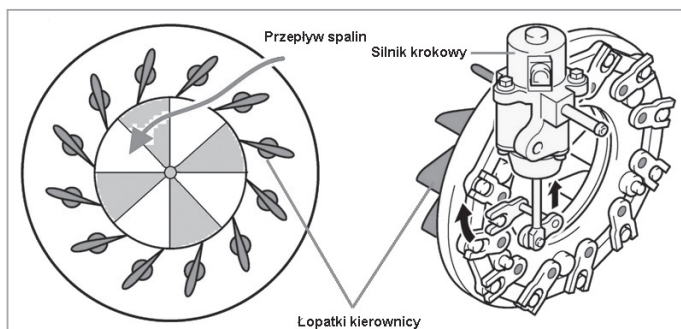


Rys. 3.43. Turbosprężarka z zaworem upustowym.

Drugi sposób to oddziaływanie na spaliny napędzające wirnik sprężarki poprzez zmianę kąta pod jakim spaliny „atakują” wirnik. Aby zrealizować taką funkcję, na obwodzie wirnika musi znajdować się kierownica. Regulacji podlega kąt położenia łopatek kierownicy. Takie rozwiązanie nazywamy turbiną o zmiennym kącie położenia łopatek kierownicy. Mówienie o turbinie o zmiennej geometrii jest dużym nieporozumieniem nazewniczym.



Rys. 3.44. Turbosprężarka z regulowanym kątem ustawienia łopatek kierownicy.

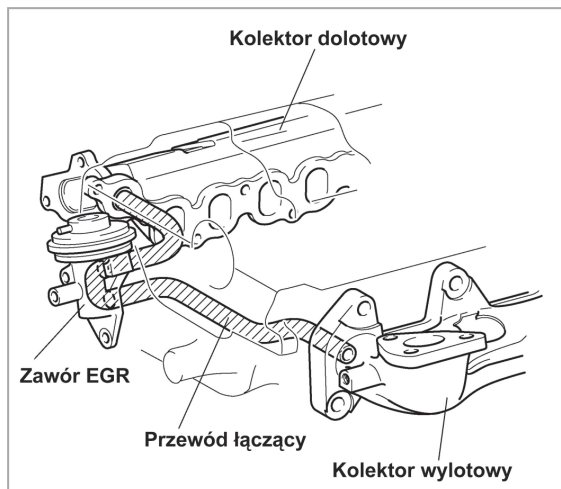


Rys. 3.45. Działanie turbosprężarki z regulowanym kątem ustawienia łopatek kierownicy.

Regulacja położenia łopatek wymuszona jest siłownikiem podciśnieniowym lub silnikiem krokowym, których działanie objęte jest nadzorem jednostki sterującej ECU.

3.3.12. METODY POPRAWY CZYSTOŚCI SPALIN W SILNIKACH ZS

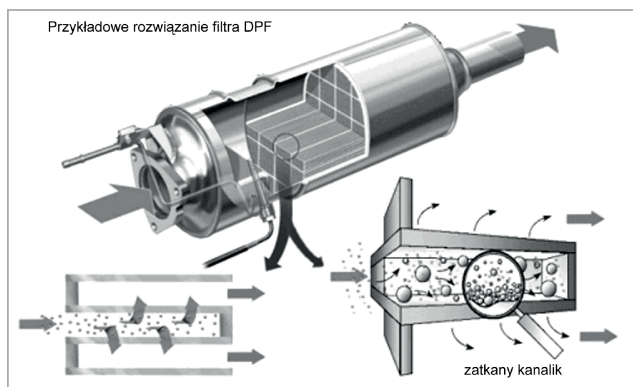
W silnikach o zapłonie samoczynnym powszechne jest stosowanie zaworu recyrkulacji spalin mającego za zadanie doprowadzenie do kolektora dolotowego spalin pobranych z kolektora wylotowego. Taka sytuacja spowodowana jest faktem, że w silnikach o zapłonie samoczynnym występują wysokie ciśnienia, a – co za tym idzie – także wysokie temperatury. Wysoka temperatura sprzyja rozpadaniu się dwuatomowych cząsteczek azotu i powstawaniu szkodliwych związków NO_x . Sterowaniem ilością spalin kierowanych do recyrkulacji zarządza zawór EGR uruchamiany podciśnieniem. Ze względu na oscylacyjny charakter pracy zaworu bywa on także zwany modulatorem.



Rys. 3.46. Schemat działania recyrkulacji spalin EGR

W rozwiązaniach tradycyjnych działanie zaworu EGR jest czysto mechaniczne; w rozwiązaniach nowszych objęte jest sterowaniem elektronicznym w oparciu o sygnały, jakimi dysponuje sterownik silnika.

Specyfikę oczyszczania spalin w silniku o zapłonie samoczynnym stanowi stosowanie filtra cząstek stałych DPF. Filtr cząstek stałych na ogół jest połączony z reaktorem katalitycznym. Zadaniem filtra jest zatrzymywanie cząstek sadzy i popiołu oraz zapobieganiu tym samym ich wydostawaniu się do atmosfery. Cząsteczki nagromadzone w filtrze stopniowo zaczynają ograniczać jego drożność.



Rys. 3.47. Schemat działania filtra cząstek stałych

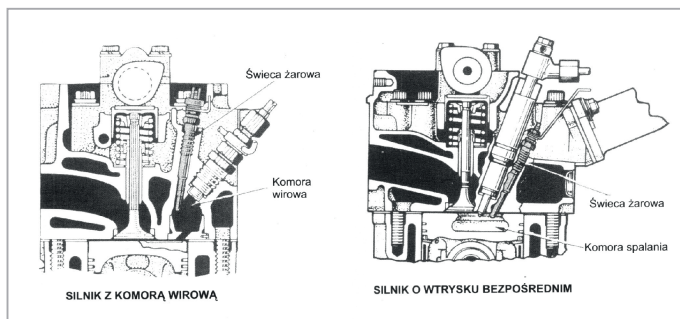
Informacja o stanie napełnienia filtra jest pozyskiwana na podstawie czujników ciśnienia określających różnicę ciśnienia przed i za filtrem. Gdy układ sterujący uzna filtr za „zapchany”, musi nastąpić jego oczyszczenie polegające na spalaniu nagromadzonych w nim cząstek.

Proces ten nazywany jest regeneracją filtra.

Regeneracja może przebiegać samorzutnie, bowiem w temperaturze 600°C w obecności katalizatora sadza ulega spalaniu; może też przebiegać okresowo na skutek zmiany trybu pracy silnika i sztucznym wzbogaceniu mieszanki, która dopalając się w reaktorze katalitycznym doprowadzi także do wypalenia sadzy. Można wreszcie podać paliwo do filtra, które spalając się w nim doprowadzi do spalania sadzy. Proces regeneracji nie usuwa nagromadzonego w filtrze popiołu, co doprowadza okresowo do konieczności jego wymiany.

3.3.13. SYSTEMY PODGRZEWANIA ŁADUNKU (ŚWIECE ŻAROWE)

W silnikach o zapłonie samoczynnym występują problemy z rozruchem w niskich temperaturach otoczenia. Aby zapobiec takim trudnościom w komorze spalania silnika umieszczona jest grzałka zwana świecą żarową.

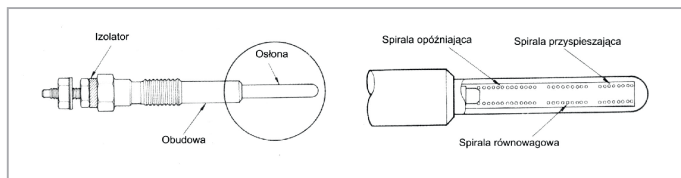


Rys. 3.48. Umieszczenie świecy żarowej w komorze spalania silników o różnych rodzajach wtrysku

Pojedyncza świeca żarowa pobiera prąd rzędu kilkunastu amperów – łatwo więc policzyć, że już dla silnika czterocylindrowego stanowi to znaczne obciążenie akumulatora.

Zasadniczo sterowanie układem świec żarowych sprowadza się do określenia czasu włączenia świec, choć nie tylko. W starszych konstrukcjach zbyt długie włączenie świec mogło doprowadzić do uszkodzenia świec, aby więc temu zapobiec na desce rozdzielczej występowała lampka kontrolna pozwalająca kierowcy na monitorowanie pracy świec.

Po pojawieniu się świec utrzymujących stałą temperaturę funkcja zabezpieczenia świec lampki kontrolnej przestała być aktualna.



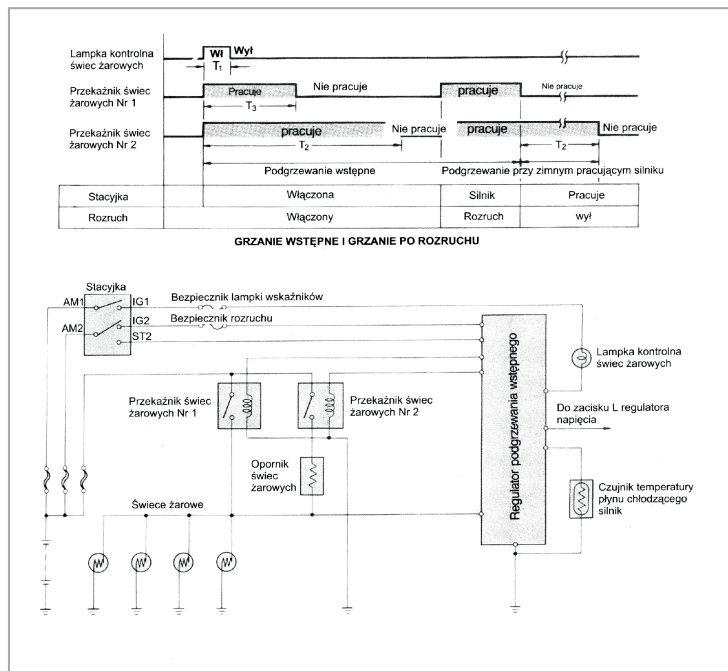
Rys. 3.49. Budowa świecy żarowej z samoregulacją temperatury

Świeca może utrzymywać stałą temperaturę dzięki zastosowaniu trzech uzwojeń z różnych materiałów połączonych szeregowo. Pierwsze z nich rozgrzewa się bardzo szybko. Dzięki temu ostatnie z nich, mające oporność silnie zależną od temperatury, w miarę rozgrzewania się zwiększa opór i ogranicza płynący prąd. Trzecie uzwojenie ma za zadanie stabilizację pracy układu.

W zależności od stanu akumulatora i temperatury silnika świeca żarowa włączana jest na stosowny okres dobrany przez sterownik. Lampka kontrolna na desce rozdzielczej gaśnie po upływie minimalnego czasu, jaki powinien w danych warunkach upłynąć do momentu, kiedy można podjąć próbę rozruchu. Jeśli kierowca nie dokona rozruchu po zgaśnięciu lampki, świeca będzie pracowała nadal, bowiem czas włączenia lampki kontrolnej i świecy są sterowane niezależnie. Przykładowo lampka gaśnie po trzech sekundach, a świeca po dziesięciu. Jeśli kierowca zdecyduje się na próbę rozruchu i silnik podejmie pracę, to świeca żarowa przechodzi w tryb „dogrzewania”, czyli wspomagania pracy silnika.

Dzięki temu bezpośrednio po rozruchu silnik będzie pracował równiej i ciszej. Tryb dogrzewania trwa w zależności od temperatury otoczenia nawet pojedyncze minuty. Ten stan pracy świec oznacza ograniczenie płynącego przez ich uzwojenia prądu, co realizowane może być np. włączeniem szeregowo dodatkowej oporności lub przełączenie świec z połączenia równoległego na szeregowo równoległe. Sterowanie trybem pracy świec ze względu na znaczne prądy odbywa się przy pomocy przekładników.

Przykładowy sposób sterowania świecami pokazuje przedstawiony schemat.



Rys. 3.50. Przykładowy schemat sterowania świecami żarowymi

W najnowszych rozwiązaniach, gdzie występuje elektroniczny sterownik silnika, obejmuje on swoim działaniem także układ świec żarowych. Sterownik taki może uwzględniać więcej danych uzyskiwanych z czujników.

Literatura:

1. Maciej Bernhardt, Stanisław Dobrzyński, Edward Loth: Silniki samochodowe WKiŁ 1988
2. Piotr Zając, Leon Maria Kołodziejczyk Silniki Spalinowe WSiP 2001
3. Janusz Myszkowski: Doładowanie silników WKiŁ 2003
4. Jan Aleksander Wajand: Doładowanie tłokowych silników spalinowych WNT 1962
5. Zdzisław Chłopek: Ochrona środowiska naturalnego WKiŁ 2002
6. Stanisław W.Kruczyński: Filtracja cząstek stałych w spalinach pojazdów samochodowych Spatium 2011
7. Feliks Rawski: Układy zasilania oraz sterowanie procesami roboczymi w silnikach spalinowych Oficyna Wydawnicza PW 1999
8. Jerzy Merkisz, Stanisław Mazurek: Pokładowe systemy diagnostyczne pojazdów samochodowych WKiŁ 2007
9. Jürgen Kasedorf: Zasilanie wtryskowe olejem napędowym WKiŁ 1990
10. Jürgen Kasedorf: Zasilanie wtryskowe benzyną WKiŁ 1989
11. Jan Kijewski Silniki Spalinowe WSiP 1978
12. Praca anonimowa: Układy wtryskowe benzyny tom 1-6 Wydawnictwo AUTO Warszawa 1996-1998
13. Materiały szkoleniowe Toyota Motor Poland program TEAM
14. Materiały szkoleniowe Toyota Motor Poland program TEAM 21
15. Materiały szkoleniowe Suzuki Motor Poland
16. Materiały szkoleniowe Volvo Auto Polska
17. Materiały szkoleniowe Seat (VW)
18. <http://www.dieselmotors.info/>
19. http://www.autozine.org/technical_school/engine/vvt_2.htm
20. <http://world.honda.com/automobile-technology/VTEC/>

3.4. STEROWANIE ELEKTRONICZNE W SAMOCHODOWYCH UKŁADACH NAPĘDOWYCH

3.4.1. ZAGADNIENIA WSTĘPNE

Układ napędowy pojazdu samochodowego służy do przekazywania mocy i momentu napędowego wytwarzanego przez silnik pojazdu na koła napędowe. Dzielimy go na:

1. sprzęgła (cierne suche, cierne mokre, hydrokinetyczne, elektromagnetyczne),
2. skrzynie biegów (stopniowe sterowane mechanicznie, półautomatycznie i automatycznie o stałych osiach obrotu kół i planetarne, bezstopniowe),
3. wały i półosie napędowe,
4. mechanizmy różnicowe i przekładnie główne.

W zależności od sposobu zabudowy, w pojeździe możemy wyróżnić:

1. klasyczny układ napędowy (silnik i skrzynia biegów z przodu pojazdu, napęd na tył),
2. zblokowany napęd przedni (silnik i skrzynia biegów z przodu pojazdu, napęd na przód),
3. zblokowany tylny napęd (silnik i skrzynia biegów z tyłu pojazdu, napęd na tył),
4. centralny układ napędowy (silnik i skrzynia biegów umieszczona między osiami pojazdu, napęd na tył).

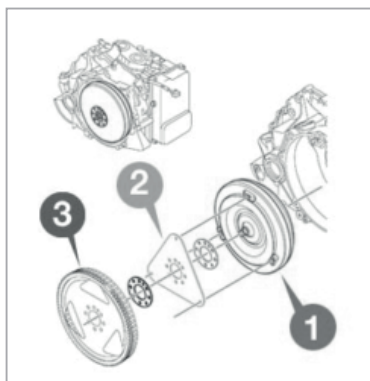
Są to oczywiście układy podstawowe, a rozwiązania konstrukcyjne mogą nawet bardzo od nich odbiegać. Rozwój technologiczny w zakresie materiałów, elektroniki, technologii wykonania, ekologii, ekonomiki produkcji, a także unifikacji spowodował w okresie ostatnich kilkunastu lat olbrzymi postęp. Układy napędowe i ich poszczególne elementy stały się mniejsze, bardziej zwarte, lżejsze, zarazem mogą przenosić o wiele większe obciążenia bez szkody dla żywotności.

Zmiany omówimy na kilku przykładach uwzględniając większość typów skrzyń biegów i połączonych z nimi sprzęgieł.

3.4.2. ELEKTRONICZNIE STEROWANA STOPNIOWA AUTOMATYCZNA SKRZYŃNIA BIEGÓW Z ZESPOŁAMI PLANETARNYMI



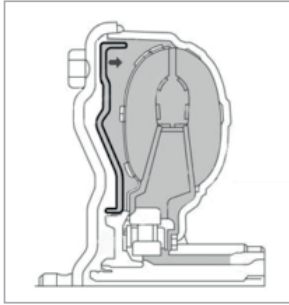
Skrzynia biegów tego typu współpracuje z przekładnią hydrokinetyczną.



1. przekładnia hydrokinetyczna
2. śruby mocujące
3. koło zamachowe silnika
4. płytki redukująca drgania

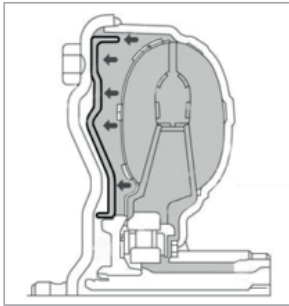
Przekładnia jest wyposażone w blokadę zapewniającą stałe, bez poślizgu połączenie z kołem zamachowym silnika.

Możemy wyróżnić następujące stany pracy przekładni hydrokinetycznej:



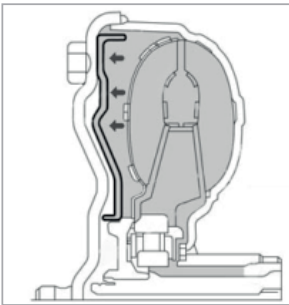
stan otwarty

- sprzęgło blokujące rozłączone
- przeniesienie mocy do 98%;

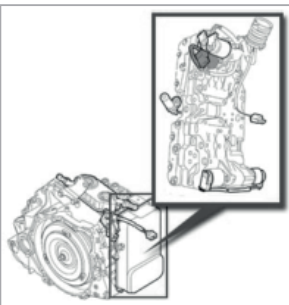


stan zamknięty

- sprzęgło blokujące złączone
- przeniesienie mocy: 100%;

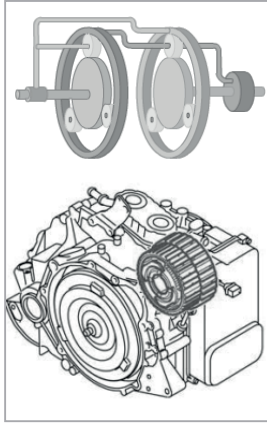


stan sterowany przez sterownik skrzyni biegów, utrzymuje poślizg w niewielkich granicach 50-100 obr./min w celu zniwelowania drgań w pracy silnika (szczególnie na biegu jałowym).

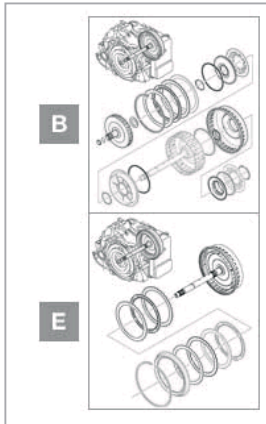


Efekt blokowania zapewnia elektromagnetyczny zawór modulacji ciśnienia sterowany przez sterownik skrzyni. Ciśnienie jest zmieniane przez modyfikację czasu włączenia zaworu. Zawór znajduje się na zespole hydraulicznym skrzyni biegów.

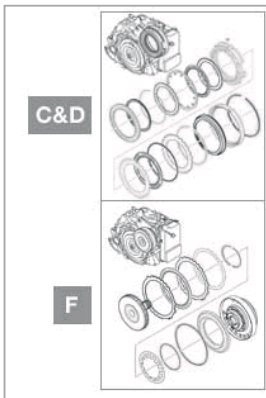
Automatyczna skrzynia biegów z zespołami planetarnymi składa się z następujących elementów:



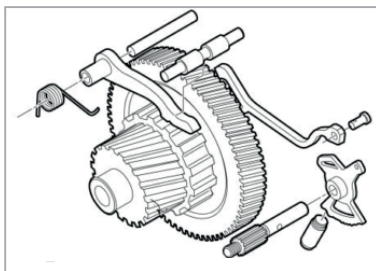
przekładnia obiegowa umieszczona wewnątrz obudowy skrzyni



sprzęgła mokre wielopłytkowe tarczowe B i E, które łączą wałek przekładni z elementami szeregu planetarnego

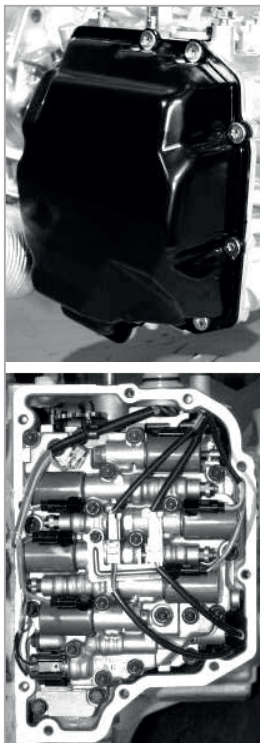


hamulce tarczowe C, D, F służą do przytrzymywania kół koronowych w szeregach planetarnych – element wykonawczy przetwarza ciśnienie płynu hydraulicznego w ruch mechaniczny w celu włączenia taśmy hamulcowej lub przesunięcia tarczy dociskowej;

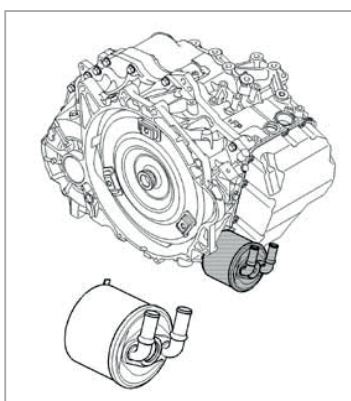


przekładnia główna z mechanizmem różnicowym

hamulec parkingowy, czyli mechaniczna blokada umieszczona na wałku wyjściowym;



blok hydrauliczny, w którym zamontowany jest zespół zaworów sterujących. Składa się on z szeregu kanałów i otworów w postaci labiryntu, które ustalają przepływ oleju. W zespole zaworów sterujących znajduje się główny zawór regulacyjny, zawory elektromagnetyczne zmiany biegów, zawór sterowania sprzęgłem blokującym przekładni hydrokinetycznej oraz zawór ręcznego wyboru zakresu;



pompy oleju z filtrem oleju;

wymiennik ciepła schładzającego olej na wylocie konwertera hydraulicznego – wymiana ciepła odbywa się z układem chłodzenia silnika;



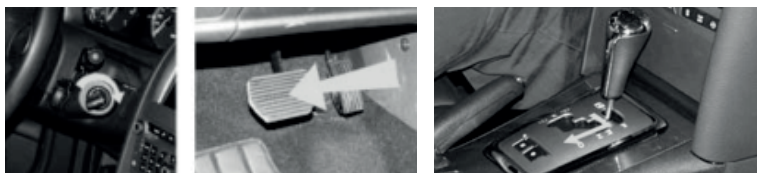
sterownik skrzyni odbiera i analizuje informacje z sieci CAN (m.in. od czujników monitorujących pracę silnika, jego obciążenie i warunki pracy) i czujników zainstalowanych wewnątrz skrzyni (prędkość obrotowa wałka wejściowego i wyjściowego, temperatura oleju hydraulicznego, prędkość pojazdu, wybrany bieg lub zakres pracy skrzyni), wysyła polecenia do elementów wykonawczych (zawory bloku hydraulicznego) w celu zmiany biegów.

Ponadto sterownik ma możliwość autoadaptacji momentów zmiany biegów w zależności od stylu jazdy kierowcy. Jest również wyposażony w różne programy, np.:

1. tryb sportowy lub zimowy,
2. obniża bieg w przypadku nagłego naciśnięcia pedału przyspieszenia (kick down),
3. steruje blokadą przekładni hydrokinetycznej,
4. zleca obniżenie momentu obrotowego silnika podczas zmiany przełożenia dla zapewnienia komfortu i ochrony układu napędowego przed nadmiernym przeciążeniem,
5. wysyła żądanie zapalenia lampki sygnalizującej usterkę w przypadku wystąpienia usterek w działaniu,
6. decyduje o przełączeniu działania skrzyni biegów w tryb awaryjny,
7. steruje zabezpieczeniami związanymi z pracą przekładni:
 - start lock – umożliwia włączenie rozrusznika tylko kiedy dźwignia przełączania zakresu pracy jest w pozycji P lub N,



- shift lock – blokuje dźwignię w pozycji P i odblokowuje po włączeniu zapłonu i naciśnięciu pedału hamulca,

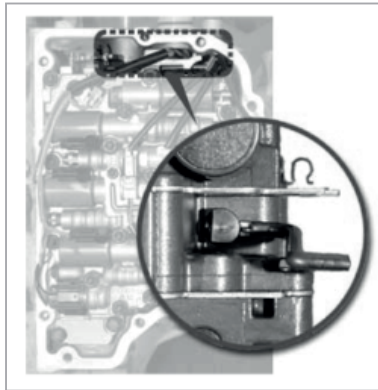


- key lock – sygnalizuje na dwa sposoby, że dźwignia zmiany biegów jest w pozycji innej niż P po wyłączeniu zapłonu (sygnał dźwiękowy lub blokada mechaniczna zapobiegająca wyjęciu kluczyka ze stacyjki),

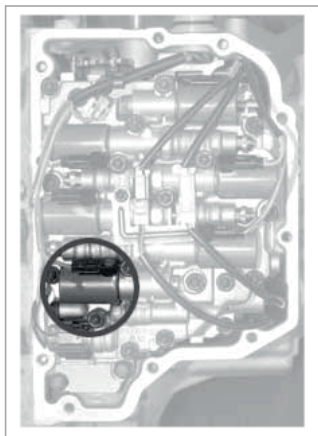


8. komunikuje się przez sieć CAN z:
- zestawem wskaźników do wyświetlania informacji,
 - klimatyzacją w celu chwilowego wyłączenia sprężarki w czasie zmiany przełożenia,
 - sterownikiem oświetlenia tyłu samochodu dla włączenia świateł cofania.

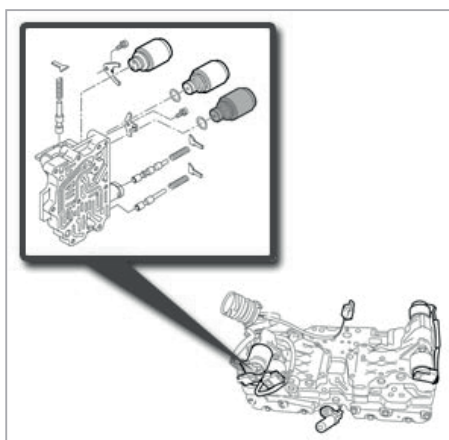
W sterowniku zabudowany jest stycznik wielofunkcyjny połączony mechanicznie z zaworem ręcznego sterowania. Jest on uruchamiany ręcznie za pomocą zewnętrznego mechanizmu wyboru zakresów przez dźwignię zmiany zakresu. Gdy ten zawór jest w położeniu N lub P, przepływ oleju jest zablokowany. Po przestawieniu w pozycję D olej może zostać skierowany w odpowiednie miejsce.



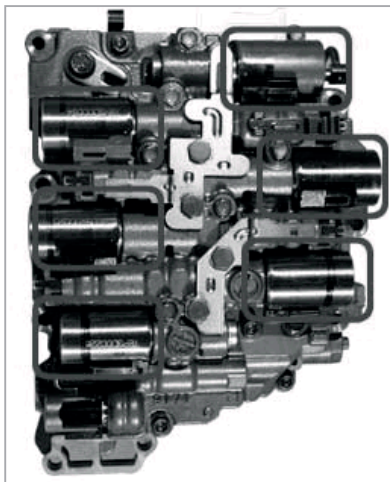
Główny zawór regulacyjny sterowany przez sterownik moduluje ciśnienie w zależności od momentu obrotowego silnika.



Elektromagnetyczny zawór modulacji ciśnienia przekładni hydrokinetycznej umożliwia uzyskanie odpowiedniego stanu pracy przekładni hydrokinetycznej, tj. otwarty, zablokowany lub sterowany.



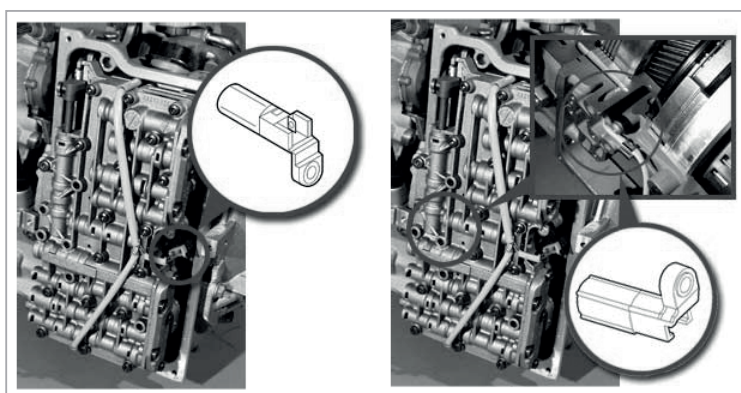
Zawory elektromagnetyczne sterujące załączaniem biegu I i biegu wstecznego oraz zawory włączania biegów II-VI są zaworami typu „włącz – wyłącz”, przy czym normalne położenie zaworu to położenie otwarte (wyłączony) pozwalające na swobodny przepływ ciśnienia uruchamiającego przez zawór do zbiornika oleju nie wywołując reakcji. Sygnał napięcia od sterownika przekładni włącza lub wyłącza elektromagnes zamykając lub otwierając zawór kulowy. W konsekwencji sterują one przemieszczaniem się elementów sterowania dla zapewnienia łagodnej zmiany biegów. Jest jeszcze jeden powód takiej konstrukcji zaworów, tzn. otwarty–zamknięty – uszkodzenie połączenia ze sterownikiem lub samego zaworu nie skutkuje włączeniem biegu i jest swego rodzaju zabezpieczeniem przed zniszczeniem przekładni z chwilą załączenia dwóch biegów jednocześnie.



W przypadku uszkodzeń poważniejszych, tj. braku określonych sygnałów, w przypadku niemożności zapewnienia prawidłowych przełożeń sterownik przekładni uaktywnia hydrauliczny tryb awaryjny. Zawory elektromagnetyczne w zespole zaworów nie są wtedy uruchamiane. Zawór ręcznej zmiany biegów uruchamiany jest przez mechaniczne połączenie z dźwignią zmiany biegów. Dalsza jazda możliwa jest w ograniczonych warunkach.

Dla zapewnienia prawidłowej pracy przekładni jej sterownik musi dysponować określonymi informacjami dostarczonymi przez liczne czujniki połączeniami przewodowymi lub siecią CAN.

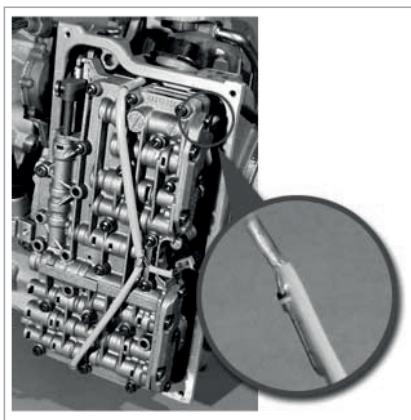
1. Czujnik prędkości obrotowej wałka wejściowego – turbiny przekładni hydrokinetycznej i wałka wyjściowego.



Stosowane są czujniki hallotronowe (przekazują sygnały prądu stałego) lub indukcyjne (przekazują sygnały prądu zmiennego). Informacje z nich pochodzące są wykorzystywane do:

- sterowania punktami zmiany biegów,
- sterowania sprzęgłem przekładni hydrokinetycznej,

- regulacji wielkości ciśnienia roboczego,
 - diagnostyki usterek (test prawidłowości działania).
2. Czujnik temperatury oleju w przekładni – rezystor typu NTC.



Gdy temperatura oleju jest niska, sterownik zmienia punkty zmiany przełożeń tak, by nie nastąpiło włączenie sprzęgła blokującego przekładni hydrokinetycznej. Sterownik wykorzystuje to również do określenia potrzeby zastosowania charakterystyki zmiany biegów dla „zimnego rozruchu”. Gdy temperatura oleju osiągnie wartość nominalną, sterownik wykorzystuje sygnał czujnika do zablokowania sprzęgła hydrokinetycznego, co zapobiega poślizgowi i wpływa na zużycie paliwa.

3. Czujnik położenia pedału przyspieszenia – określa jego położenie, zawiera potencjometr obrotowy lub czujnik indukcyjny. Sygnał przesyłany jest do sterownika przekładni za pomocą sieci CAN w celu np. sterowania funkcją automatycznej redukcji biegów (kick down).
4. Czujnik położenia pedału hamulca – przesyła do sterownika sygnał naciśnięcia na pedał hamulca, co powoduje np. redukcję biegu czy też umożliwia działanie funkcji Shift lock (w celu odblokowania dźwigni zmiany biegów).
5. Dźwignia sekwencyjnej zmiany zakresów wyposażona w impulsowy stycznik informujący sterownik skrzyni o zamiarach kierowcy dotyczących zakresu przełożeń z jakich chce on korzystać.

W przypadku błędu popełnionego przez kierowcę sterownik dostosuje przełożenia do prawidłowej pracy zespołu napędowego i zabezpieczy skrzynię przed uszkodzeniem.

6. W obudowie dźwigni zmiany biegów może być również umieszczony przełącznik trybów pracy takich jak:
- sport – zmiana biegów przy wyższej prędkości obrotowej silnika i utrzymywanie włączonego biegu przy hamowaniu silnikiem,
 - zima, śnieg – ruszanie z biegu II lub nawet III, ograniczanie momentu obrotowego silnika, zmiana biegów przy niższych prędkościach obrotowych,

- tryb jazdy pod górę/z przyczepą – zmiana biegów jest opóźniana, aby nie dopuścić do częstego przełączania pomiędzy dwoma biegami w zależności od obciążenia lub prędkości obrotowej,
 - tryb zjazdu z góry – służy do wykorzystania hamowania silnikiem przy zjazdach,
 - tryb częstego zatrzymywania się i ruszania – zapobiega częstej zmianie biegów przy zatrzymywaniu się i ruszaniu, tak by nie doprowadzić do przegrzania układu napędowego.
7. Czujniki układów ABS i ESP – sygnał dla sterownika skrzyni, by nie zmieniać przełożeń do chwili zaprzestania ingerencji układów ABS i ESP.

Stosowanie elektronicznych urządzeń sterujących pozwala również rozbudować układy autodiagnozy, pamięci usterek czy informacji przekazywanych kierowcy na wyświetlacz umieszczony na desce wskaźników.



Nowoczesne, sterowane elektronicznie układy napędowe mają możliwość adaptacji i zapamiętywania stylu jazdy kierowcy oraz modyfikacji oprogramowania za pomocą logiki rozmytej (fuzzy logic).

3.4.3. ZAUTOMATYZOWANA STOPNIOWA DWUSPRZĘGŁOWA MECHANICZNA SKRZYŃIA BIEGÓW O OSIACH STAŁYCH

Przekładnia dwusprzęgłowa została po raz pierwszy zastosowana w latach 80. w sporcie samochodowym. Nie stosowano jej w produkcji masowej ze względu na potrzebę współpracy ze sterownikami o dużej mocy obliczeniowej, a także zbyt dużych kosztów produkcji i komplikacji układu.

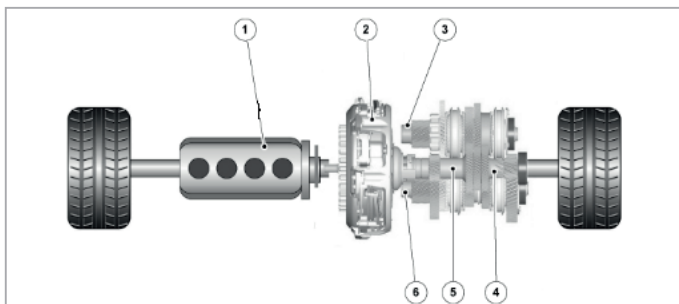
Przekładnię skonstruowano z myślą o wymaganiach dotyczących wygody i funkcjonalności obsługi. Jest kolejnym krokiem w rozwoju mechanicznych skrzyń biegów o sterowaniu automatycznym. Cechuje się wysoką sprawnością działania oraz stałym

przekazywaniem momentu napędowego na koła pojazdu. Producenci podają, że umożliwiła zmniejszenie zużycia paliwa o 4-10 %.

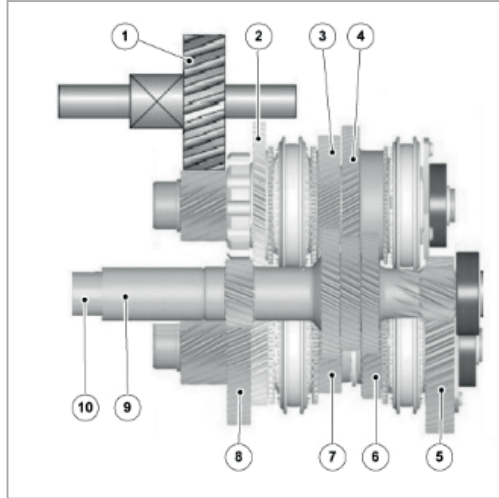
Wewnątrz przekładni dwusprzęgłowej, podobnie jak w konwencjonalnych skrzyniach, przełożenia mają postać par kół zębatach o stałych zazębieniach i stałych osiach, umieszczonych na wałkach wejściowym i wyjściowym. Podstawową różnicą jest to, że wałek wejściowy jest dwuczęściowy – drażony. Skrzynia biegów posiada trzy wałki. Wałek wejściowy zewnętrzny (rurowy) przekazuje napęd przez biegi parzyste (II, IV, VI) oraz za pomocą koła pośredniego bieg wsteczny. Wałek wejściowy wewnętrzny przekazuje napęd przez biegi nieparzyste (I, III, V). Obydwa wałki wejściowe połączone są swoimi uzębieniami zewnętrznymi z odpowiednimi tarczami sprzęgłowymi.

Sprzęgła suche sterowane są elektronicznie i uruchamiane mechanicznie. Umieszczone są równolegle zajmując minimum przestrzeni – dzięki temu całość konstrukcji jest bardzo zwarta. Nieparzyste biegi (I, III, V) są połączone z pierwszym sprzęgłem, biegi parzyste (II, IV, VI) i bieg wsteczny – ze sprzęgłem drugim. Sprzęgła są otwarte w stanie spoczynkowym, a uruchamiają je dwa siłowniki elektromechaniczne. Uruchamianie odbywa się za pomocą jednostki włączającej, składającej się z dwóch łożysk włączających i dwóch tarczy włączających.

PRZENOSZENIE NAPĘDU

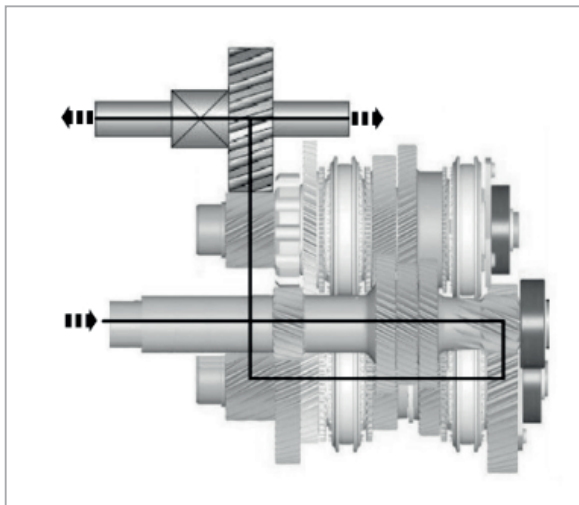


1. silnik
2. suche sprzęgło podwójne
3. wałek wyjściowy III, IV i wstecznego biegu
4. wałek wejściowy (wewnętrzny)
5. wałek wejściowy (rurowy)
6. wałek wyjściowy I, II, V, VI biegu

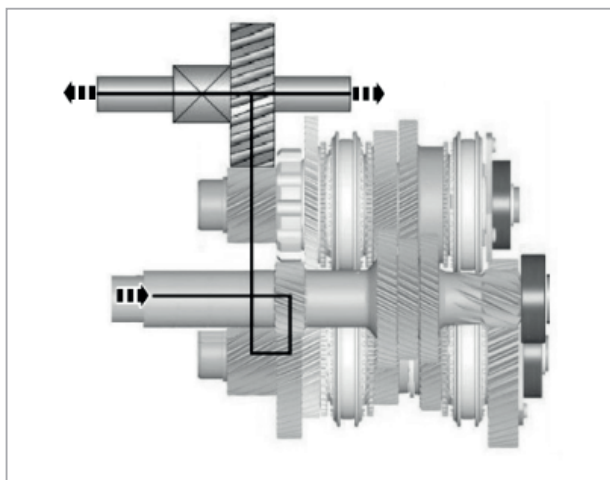


1. przekładnia główna z mechanizmem różnicowym 6. koło biegu V
2. koło biegu wstecznego 7. koło biegu VI
3. koło biegu IV 8. koło biegu II
4. koło biegu III 9. wałek wejściowy rurowy
5. koło biegu I 10. wałek wejściowy wewnętrzny

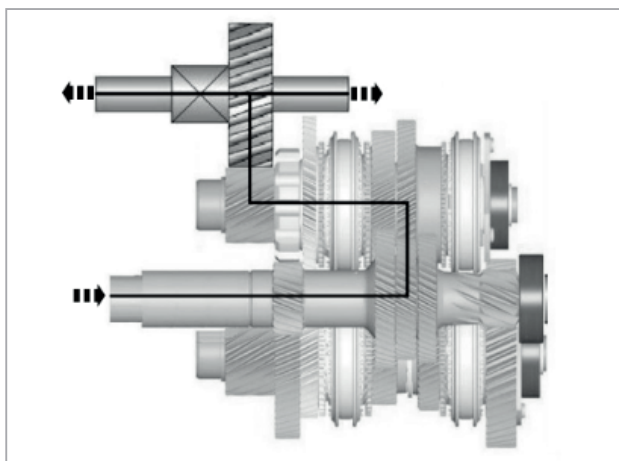
BIEG I



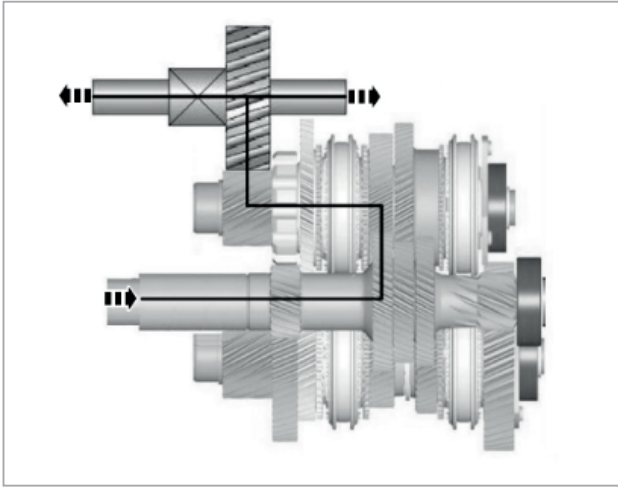
Koło zamachowe silnika przekazuje moment obrotowy do tarczy napędowej sprzęgła podwójnego, potem przez tarczę dociskową i tarczę sprzęgła pierwszego do wałka wejściowego wewnętrznego. Wałek wejściowy wewnętrzny przenosi moment obrotowy na koło zębate pierwszego biegu umieszczone na wałku wyjściowym biegów I, II, V, VI, skąd dociera on do przekładni głównej.

BIEG II

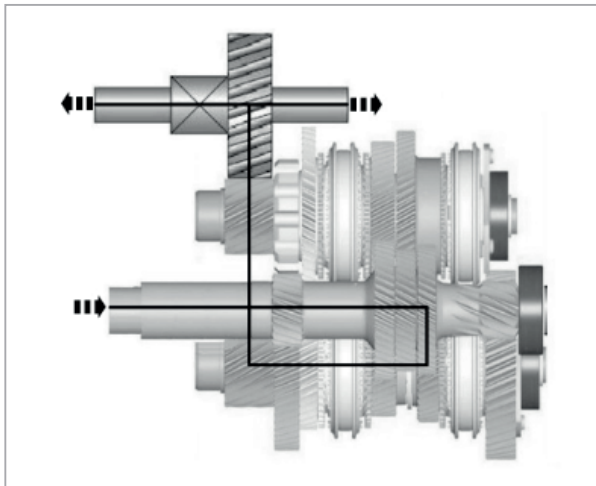
Koło zamachowe silnika przekazuje moment obrotowy do tarczy napędowej sprzęgła podwójnego, potem przez tarczę dociskową i tarczę sprzęgła drugiego do wałka wejściowego rurowego. Wałek wejściowy rurowy przenosi moment obrotowy na koło zębate drugiego biegu umieszczone na wałku wyjściowym biegów I, II, V, VI, a potem do przekładni głównej.

BIEG III

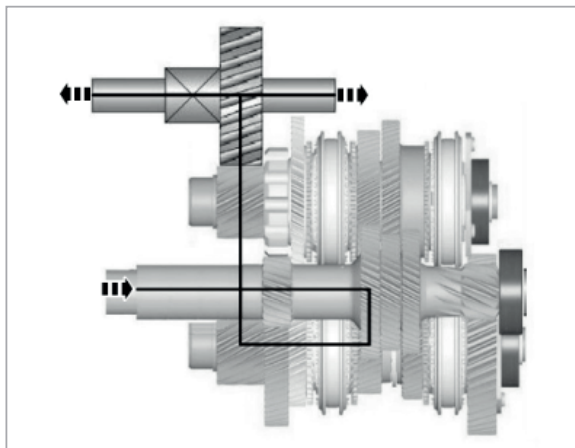
Koło zamachowe silnika przekazuje moment obrotowy do tarczy napędowej sprzęgła podwójnego, potem przez tarczę dociskową i tarczę sprzęgła pierwszego do wałka wejściowego wewnętrznego. Wałek wejściowy wewnętrzny przenosi moment obrotowy na koło zębate trzeciego biegu umieszczone na wałku wyjściowym biegów III, IV i wstecznego, a potem do mechanizmu różnicowego przez koła przekładni głównej.

BIEG IV

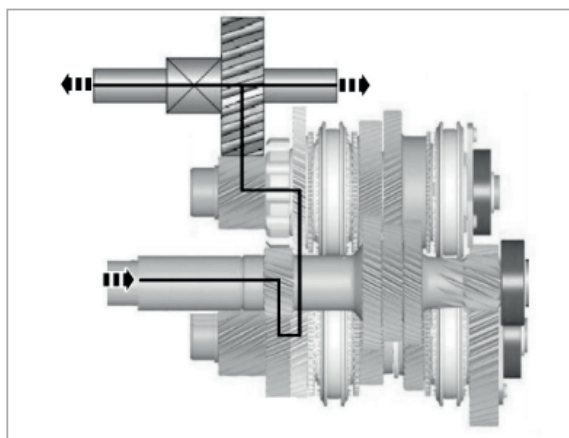
Koło zamachowe silnika przekazuje moment obrotowy do tarczy napędowej sprzęgła podwójnego, potem przez tarczę dociskową i tarczę sprzęgła drugiego do wałka wejściowego rurowy. Wałek wejściowy rurowy przekazuje moment napędowy na koło zębate czwartego biegu umieszczone na wałku wyjściowym biegów III, IV i wstecznego i przez koła przekładni głównej do mechanizmu różnicowego.

BIEG V

Koło zamachowe silnika przekazuje moment obrotowy do tarczy napędowej sprzęgła podwójnego, potem przez tarczę dociskową i tarczę sprzęgła pierwszego do wałka wejściowego wewnętrznego. Wałek wejściowy wewnętrzny przekazuje moment napędowy na koło zębate piątego biegu umieszczone na wałku wyjściowym biegów I, II, V, VI, a następnie przez koła przekładni głównej do mechanizmu różnicowego.

BIEG VI

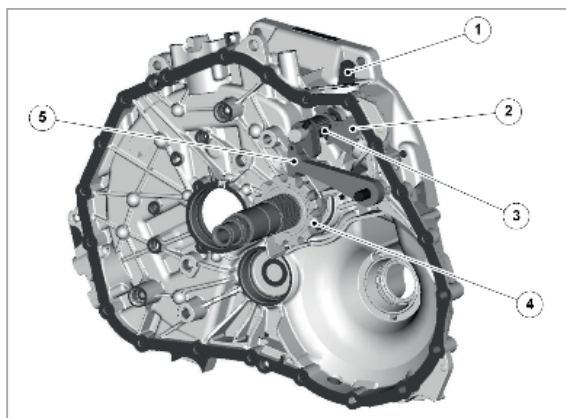
Koło zamachowe silnika przekazuje moment obrotowy do tarczy napędowej sprzęgła podwójnego, potem przez tarczę dociskową i tarczę sprzęgła drugiego do wałka wejściowego rurowego. Wałek wejściowy rurowy przekazuje moment napędowy na koło zębate szóstego biegu umieszczone na wałku wyjściowym biegu I, II, V, VI i przez koła przekładni głównej do mechanizmu różnicowego.

BIEG WSTECZNY

Koło zamachowe silnika przekazuje moment obrotowy do tarczy napędowej sprzęgła podwójnego, potem przez tarczę dociskową i tarczę sprzęgła drugiego do wałka wejściowego rurowego. Wałek wejściowy rurowy przekazuje moment napędowy na koło zębate drugiego biegu umieszczone na wałku wyjściowym biegu I, II, V, VI. Koło drugiego biegu jest stale zazębiane z kołem pośrednim i przez nie przenosi moment do koła biegu wstecznego umieszczonego na wałku wyjściowym biegu III, IV, wstecznego, a następnie do mechanizmu różnicowego poprzez koła przekładni głównej.

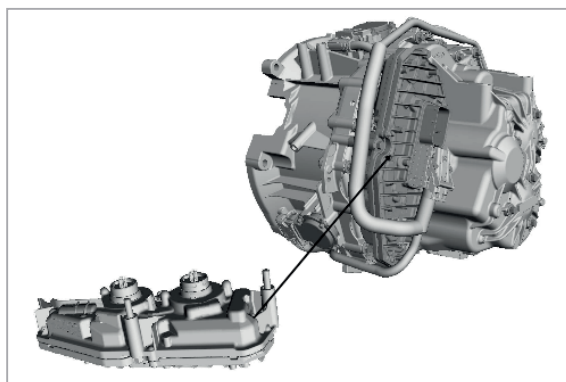
BLOKADA POSTOJOWA

Ponieważ po wyłączeniu silnika i zaniku napięcia w instalacji pojazdu sprzęgła ustawione są w stanie rozłączonym, nie ma możliwości pozostawienia samochodu na biegu. Dlatego też, podobnie jak ma to miejsce w przekładni automatycznej ze sprzęgłem hydrokinetycznym, do bezpiecznego zaparkowania pojazdu i zapobiegnięcia niepożądanemu toczeniu przy nie zaciągniętym hamulcu pomocniczym służy zapadka parkowania zintegrowana z drugim wałkiem wyjściowym.

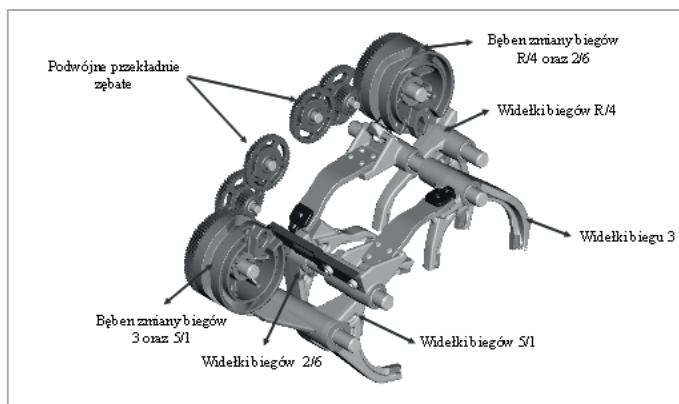


1. dźwignia zmiany biegów
2. wałek uruchamiający
3. sprężyna spiralna
4. koło zapadki z zębami
5. zapadka parkowania

Po przestawieniu dźwigni zmiany biegów w położenie P następuje włączenie zapadki parkowania. Zapadka (5) wchodzi między zęby koła zapadki (4). Gdy zapadka nie trafi w przestrzeń między zębami koła, a spocznie na zębie, sprężyna spiralna umieszczona na wałku uruchamiającym zostaje napięta. Brak blokady powoduje lekkie przesunięcie pojazdu, obrót koła i wówczas zapadka wpada między zęby koła pod wpływem rozprężającej się sprężyny.



Do przełączania biegów służą dwa silniki bezszczotkowe prądu stałego umieszczone we wspólnej obudowie z modułem sterującym pracą skrzyni. Każdy z silników poprzez dwustopniowe przełożenie uruchamia jeden wałek włączający. Walce są identyczne i mają po jednym rowku do uruchamiania widełek. Dzięki temu nie ma potrzeby stosowania mechanicznych zabezpieczeń przed jednoczesnym włączeniem kilku biegów w tej samej części przekładni.



Każdy z wałków uruchamia jedną parę widełek włączających. Kąt obrotu wałka włączającego 1 wynosi 200 stopni, a wałka 2, z powodu obsługi czterech biegów, jest większy i wynosi 290 stopni.

Na obwodzie rowka w wałku włączającym znajdują się dwie przeciwbieżne krzywki obrócone względem siebie o 180 stopni. Po rowku porusza się klin połączony z widełkami włączania biegu. Klin przesuwanym się po krzywce w górę i w dół powoduje osiowe przesunięcie widełek, co w konsekwencji prowadzi do włączenia biegu lub przestawienia przesuwnki synchronizatora w położenie neutralne.

3.4.3.1. BUDOWA ZESPOŁU SPRZĘGŁA

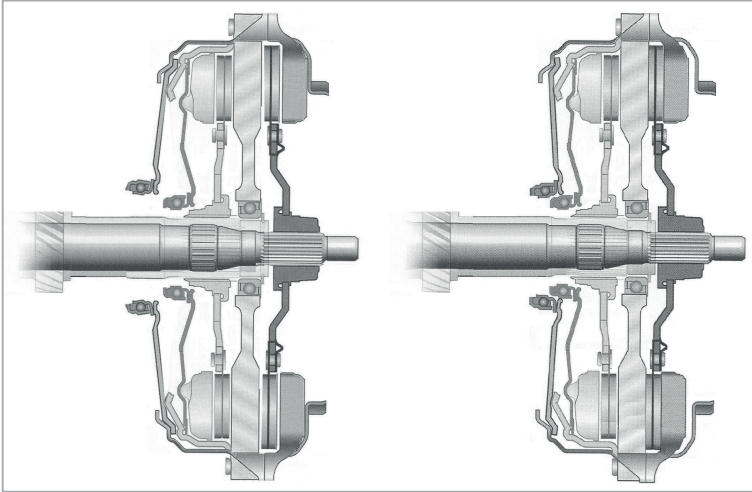
Układ sprzęgła składa się z następujących elementów:

- zespół sprzęgieł zamkniętych w jednej obudowie,
- jednostki włączającej,
- dwóch elektromechanicznych siłowników uruchamianych przez bezszczotkowe silniki prądu stałego.

Zespół sprzęgieł jest połączony z wałkami wejściowymi (rurowym i wewnętrznym) i zamocowany do koła zamachowego silnika.

Przenoszenie momentu obrotowego odbywa się przez jedną z tarcz sprzęgła ustawioną równolegle do dwóch części przekładni. Sprzęgło w stanie spoczynku jest rozłączone i do jego włączenia potrzebna jest siła docisku. Dwie dźwignie sprężyste rozłączają sprzęgła w stanie spoczynku. Włączanie odbywa się przez uruchomienie danego łożyska włączającego działającego na odpowiednią dźwignię. Naciskanie

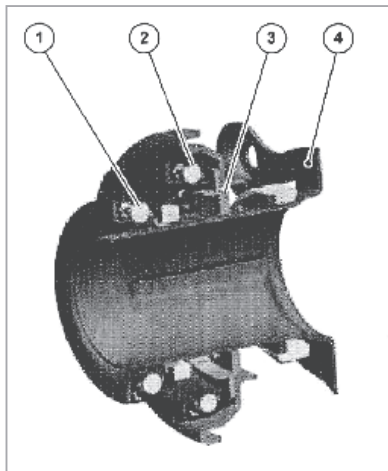
dźwigni powoduje dociskanie danej tarczy dociskowej do tarczy sprzęgła i tarczy napędowej.



Sprzęgła w stanie spoczynku – rozłączone Sprzęgło na wałku wejściowym wewnętrznym załączone

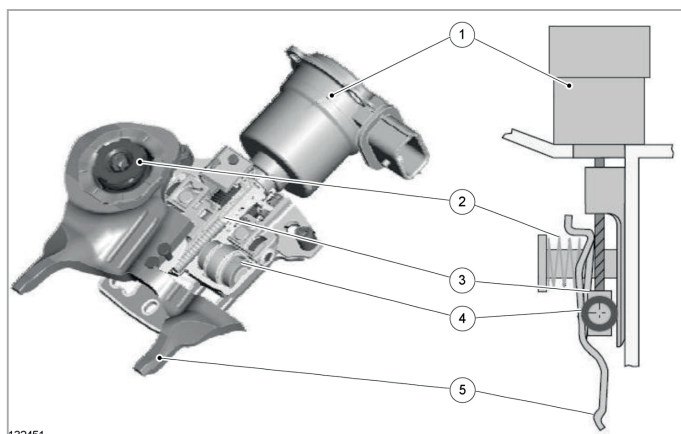
Jednostka włączająca składa się z:

- łożyska włączającego 2 uruchamiającego dźwignię sprężystą sprzęgła 2,
- łożyska włączającego 1 uruchamiającego dźwignię sprężystą sprzęgła 1,
- elementu wyrównawczego,
- tulei prowadzącej.

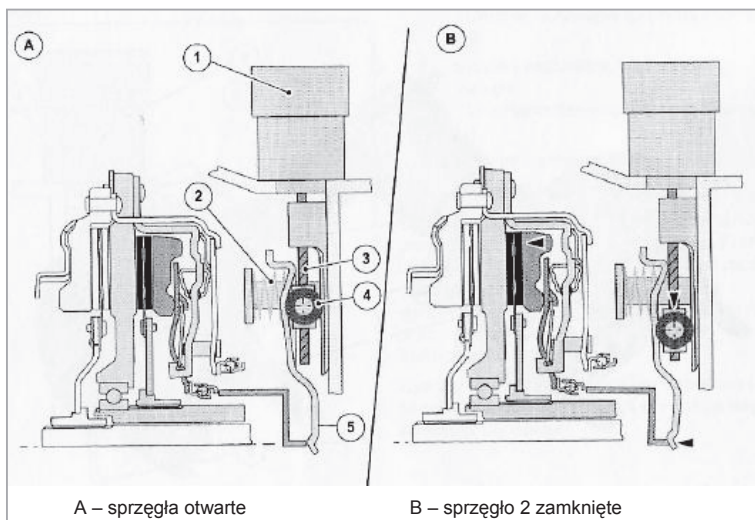


1. łożysko włączające 2 uruchamia dźwignię sprężystą 2 sprzęgła 2
2. łożysko włączające 1 uruchamiają dźwignię sprężystą 1 sprzęgła 1
3. element wyrównawczy
4. tuleja prowadząca

Siła potrzebna do włączenia sprzęgieł jest wytwarzana głównie przez sprężynę dociskową za pośrednictwem mechanizmu siłownika. Siła ta działa na zewnętrznym końcu dźwigni włączania. Bezszcotkowy silnik prądu stałego napędza za pomocą wielowypustu śrubę. Jej obrót powoduje przestawienie w kierunku osiowym nakrętki i rolek. Osiowy ruch rolek powoduje przesunięcie środkowego punktu styku dźwigni włączania i zmianę stosunku długości ramion dźwigni.



1. bezszczotkowy silnik
2. sprężyna dociskowa
3. nakrętka toczna
4. rolki
5. dźwignia włączania



Ta zmiana powoduje zwiększenie siły działającej za pośrednictwem dźwigni włączającej i łożyska włączającego na dźwignię sprężystą sprzęgła – wówczas tarcza sprzęgła zostaje dociśnięta. Dla podtrzymania docisku silnik elektryczny jest zasilany

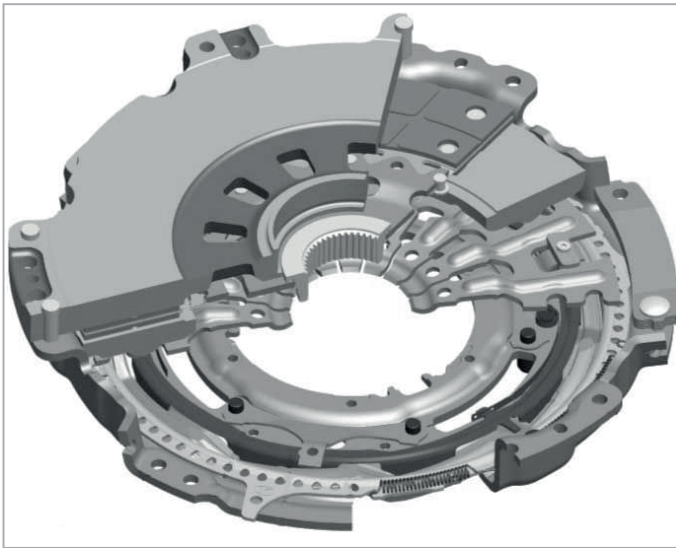
prądem podtrzymującym. Gdy tylko moduł sterujący wyłączy prąd podtrzymujący, dźwignie sprężyste się rozprężają i sprzęgło rozłącza się. Rozprężenie dźwigni powoduje odsunięcie łożyska włączającego i dźwigni włączającej. Podczas odpychania dźwigni włączającej jej kształt powoduje powrót rolek do położenia wyjściowego.

Zużycie okładzin tarcz sprzęgłowych powoduje, że zmieniają się położenia dźwigni sprężystych, a co za tym idzie – także charakterystyki siły docisku i wyłączenia. Mogłoby to powodować zwiększenie obciążenia dla siłowników elektromechanicznych.

Aby zniwelować te niekorzystne efekty sprzęgło podwójne wyposażone jest w automatyczną regulację zależną od wielkości skoku.

Układ ten składa się z następujących elementów:

- pokrywa sprzęgła z pochylniami regulacji,
- pierścień stożkowy nastawczy dla każdego ze sprzęgieł,
- pierścień stożkowy dla każdego sprzęgła,
- sprężyny zaciskowe, sprężyny nastawcze naciągowe i sprężyny nastawcze rolkowe dla każdego sprzęgła.



Regulacja sprzęgła rozpoczyna się, gdy zużycie okładzin powoduje większy skok dźwigni sprężystej, a co za tym idzie – podniesienie sprężyny zaciskowej z pierścienia stożkowego. Napięta wstępnie sprężyna nastawcza rolkowa powoduje obrót pierścienia stożkowego na pochylni do tego stopnia, że luz między sprężyną zaciskową a pierścieniem stożkowym zostaje wyrównany. Gdy sprzęgło rozłączy się całkowicie podczas zmiany biegów, przekręcenie pierścienia stożkowego powoduje, że dźwignia sprężysta przyjmuje nowe położenie, przez co powstaje szczelina między dźwignią a pierścieniem stożkowym nastawczym. Również napięta wstępnie sprężyna nastawcza naciągowa obraca pierścień stożkowy nastawczy do tego stopnia, że przylega on do dźwigni sprężystej. Kończy to proces regulacji.

3.4.3.2 Zasada działania przekładni

W przekładni, dzięki jej specyficznej konstrukcji, wybrane są jednocześnie dwa przełożenia. Jeden bieg jest włączony i za jego pomocą przekazywany jest moment napędowy na koła pojazdu, drugi jest wybrany wstępnie przy rozłączonym sprzęgle. W zależności od położenia pedału przyspieszenia lub żądania kierowcy otwiera się sprzęgło biegu aktualnie przekazującego napęd i jednocześnie zamyka sprzęgło biegu przygotowanego.

Dzięki temu przenoszony moment napędowy jest praktycznie ciągły. Moduł skrzyni steruje układem sprzęgieł i zmiany biegów za pomocą czterech bezszczotkowych silników ze zintegrowanymi czujnikami położenia. Czujniki te wysyłają informacje o położeniu silników do modułu sterującego, a ten rozpoznaje, które biegi są włączone i które sprzęgło jest połączone.

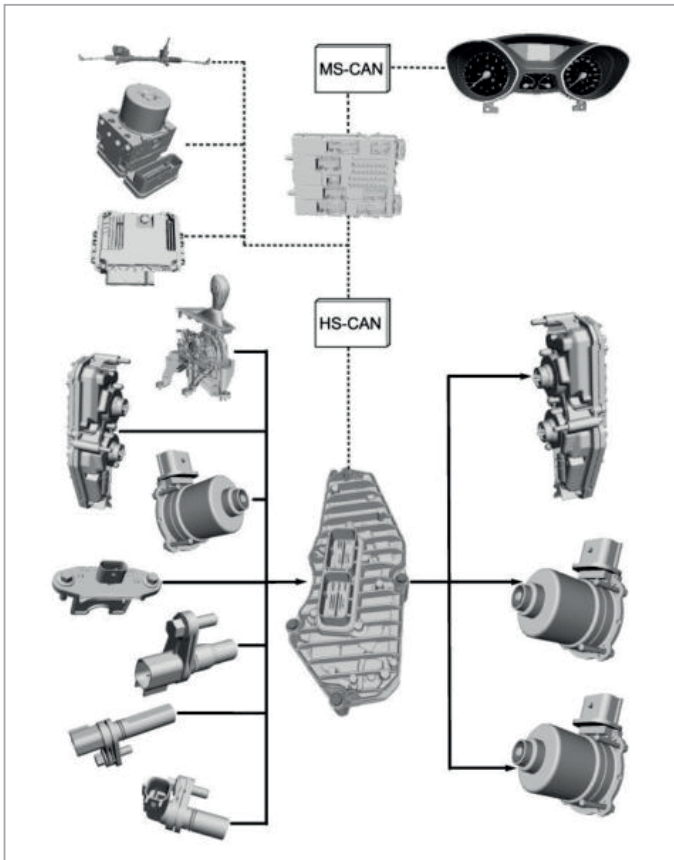
Układ sterowania zmianą biegów do ustalenia punktów zmiany przełożeń korzysta z oprogramowania, które dopuszcza autoadaptację. Dostosowane wartości zapisuje w pamięci RAM sterownika. Umożliwia to reakcję na styl jazdy kierowcy i przedłuża okres bezawaryjnego użytkowania sprzęgieł i skrzyni biegów. Aby dokładnie określić warunki pracy moduł sterujący musi otrzymać informacje o:

- wybranym aktualnie przełożeniu,
- prędkości pojazdu z sieci sterowników – szyna CAN,
- warunkach pracy silnika ze sterownika silnika (prędkość obrotowa, obciążenie, położenie przepustnicy, temperatura silnika, gęstość powietrza na podstawie czujnika ciśnienia) – sieć CAN,
- temperaturze zewnętrznej w celu określenia lepkości oleju przekładniowego – sieć CAN,
- położeniu kierownicy z czujnika kąta skrętu – sieć CAN (aby nie przełączać biegów w trakcie pokonywania zakrętów),
- działaniu hamulców z układu ABS i ESP (aby nie przełączać biegów w trakcie działania tych układów),
- prędkości wałków biegów nieparzystych i parzystych z poszczególnych czujników.

Schemat blokowy komunikacji między poszczególnymi podzespołami i czujnikami pojazdu.

1. zestaw wskaźników
2. moduł sterujący układami nadwozia
3. silniki elektryczne zintegrowane z modułem sterującym skrzynią uruchamiające wałki włączające poszczególne przełożenia
4. silnik elektryczny sprzęgła 1
5. silnik elektryczny sprzęgła 2
6. moduł sterujący skrzynią biegów
7. czujnik prędkości i kierunku obrotów wałka wejściowego wewnętrznego
8. czujnik prędkości obrotowej wałka wejściowego rurowego
9. czujnik prędkości obrotowej przekładni głównej

10. czujnik położenia dźwigni zmiany biegów
11. czujnik Halla silników elektrycznych 1 i 2 – określają położenie silników
12. czujniki Halla silników elektrycznych w module sterującym – j. w.
13. przełącznik select-shift – ręcznego przełączania biegów
14. moduł sterowania zespołem napędowym
15. moduł sterowania ABS
16. czujnik skrętu koła kierownicy



W trybie automatycznym skrzynia biegów realizuje zmianę przełożeń zgodnie z programem, natomiast po przełączeniu w tryb select-shift kierowca może sam decydować o aktualnym biegu. Jeżeli podczas wyboru przełożenia kierowca popełni błąd nie dostosowując prędkości obrotowej silnika do jego obciążenia na wybranym biegu, wówczas moduł sterujący zapobiegając uszkodzeniu układu napędowego sam wybierze odpowiednie przełożenie.

Moduł sterujący zabezpiecza również przed włączeniem biegu wstecznego przy zbyt dużej prędkości poruszania się pojazdu do przodu.

Przy pracującym silniku i ustawieniu dźwigni zmiany biegów w położeniu P moduł sterujący włącza biegi pierwszy i wsteczny .

W przypadku, gdy kierowca korzysta z tempomatu, dla modułu sterującego nadrzędną funkcją jest utrzymanie prędkości, dlatego też komunikując się z jednostką sterującą zespołu napędowego wysyła żądania uchylenia przepustnicy i utrzymania momentu obrotowego na odpowiednim poziomie.

Wraz ze wzrostem wysokości nad poziomem morza maleje gęstość powietrza, co może prowadzić do obniżenia mocy. Jest to rozpoznawane przez moduł sterujący pracą zespołu napędowego i sygnalizowane modułowi sterującemu skrzynią biegów w celu zmiany punktów przechodzenia na poszczególne przełożenia.

Podczas pracy zespołu napędowego w bardzo trudnych warunkach (np. holowanie przyczepy, jazda z maksymalną prędkością przez długi czas, jazda w górach) jednostka sterująca korzysta z trybu „hot mode” (tryb gorący).

Wykorzystuje w tym celu następujące wartości:

- moment obrotowy silnika,
- prędkości obrotowe wałków wejściowych wewnętrznego i rurowego, przekładni głównej i silnika,
- obliczony moment sprzęgła.

W trybie tym sprzęgło włącza się szybciej i moment obrotowy silnika jest zmniejszany. Jeśli z obliczeń wynika, że temperatura pracy osiągnęła wartość, przy której okładzina tarczy może ulec uszkodzeniom termicznym, na wyświetlaczu wielofunkcyjnym pojawia się komunikat:

- skrzynia biegów gorąca – zatrzymaj się lub przyspiesz,
- skrzynia biegów gorąca – czekaj,
- skrzynia biegów gorąca – czekaj 10 min.

Po ostygnięciu sprzęgła na wyświetlaczu pojawia się komunikat informujący, że przekładnia jest gotowa do pracy.

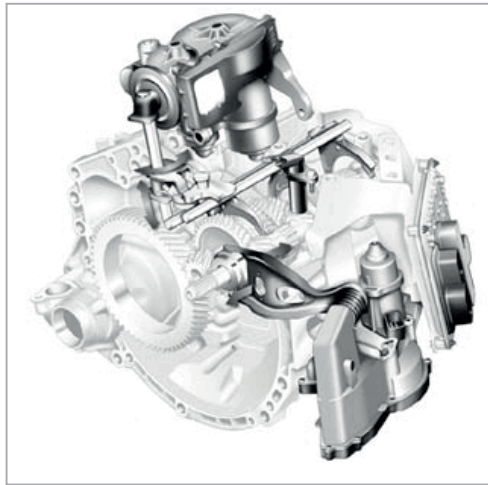
Gdy obliczona temperatura przekroczy 300°C, sprzęgła rozłączają się, otwierają i napęd zostaje odłączony.

Awaryjny tryb pracy uruchamia się, gdy pojawią się poważne usterki. Uszkodzenia silników elektrycznych zmiany biegów włączających sprzęgła mogą spowodować przestawienie przekładni na pracę w niepełnym wymiarze przełożeń i zapalenie się lampki kontrolnej przekładni. Jeśli po ponownym uruchomieniu silnika i przeprowadzeniu testu sprawdzającego usterka nie występuje, lampka kontrolna nie zapala się, ale kod usterki pozostaje zapisany w pamięci sterownika.

Producenci zalecają jak najszybszą wizytę w serwisie w przypadku usterek, aby nie doprowadzić do zwiększenia zakresu uszkodzeń.

Jak widać – skrzynie biegów tego typu, mimo coraz większej popularności ze względu na wyraźne obniżenie kosztów produkcji – z powodu komplikacji budowy mogą przysporzyć w trakcie eksploatacji licznych kłopotów. Bardzo ważne jest przestrzeganie czynności obsługowych i stosowanie odpowiednich materiałów eksploatacyjnych.

3.4.4. MECHANICZNA SKRZYŃNIA BIEGÓW Z AUTOMATYCZNYM STEROWANIEM



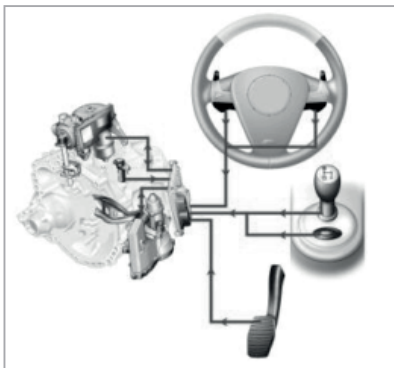
Kolejna ewolucja zwykłej mechanicznej skrzyni biegów polegająca na zautomatyzowaniu obsługi klasycznego tarczowego sprzęgła i zewnętrznego mechanizmu zmiany biegów.

Elementy automatyki sterowane są przez sterownik dają kierowcy takie same możliwości, jak w przypadku automatycznych skrzyń, tzn.:

- automatyczny wybór przełożeń,
- ręczny tryb wyboru biegów w trybie sekwencyjnym,
- brak potrzeby obsługi sprzęgła.

Poszczególne urządzenia zamocowane są do obudowy skrzyni:

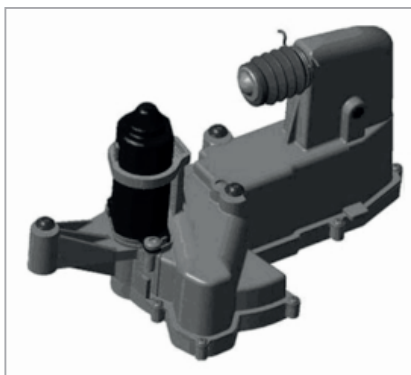
- element wykonawczy sprzęgła połączony jest z dźwignią wyłączającą sprzęgła,
- mechanizm wykonawczy zmiany biegów połączono z wałkiem wybieraka wewnętrznego,
- sterownik,
- czujnik obrotów wałka sprzęgłowego zamontowany naprzeciw koła biegu II.



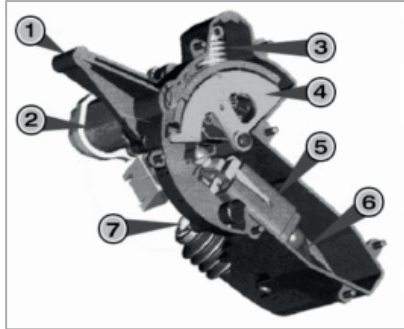
Ciągła sterowania używane w tradycyjnych przekładniach zastąpione zostały elektrycznymi połączeniami przewodowymi umożliwiającymi komunikację z różnymi podzespołami mającymi wpływ na sposób poruszania się pojazdu.



Czujnik wałka sprzęgłowego (indukcyjny) mierzy jego prędkość obrotową i przesyła dane do sterownika przekładni. Sterownik na tej podstawie określa punkt sprzęgnięcia i czas poślizgu sprzęgła porównując prędkość obrotową silnika i wałka sprzęgłowego. Odpowiednio sterując mechanizmem wykonawczym sprzęgła kontroluje również synchronizację włączenia biegu.



Mechanizm wykonawczy sprzęgła umożliwia rozłączanie, załączanie, poślizg sprzęgła; ma także wpływ na progresję działania i niweluje szarpnięcia .



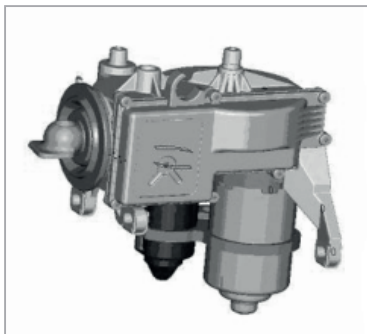
Elementy składowe to:

1. korpus
2. silnik elektryczny z umieszczonym w podstawie czujnikiem pozycji mechanizmu
3. sprężyna wspomagania
4. wycinek zębaty
5. urządzenie kompensacji zużycia
6. przekładnia
7. trzpień popychacza wyłączającego

W celu rozłączenia sprzęgła sterownik podaje zasilanie na silnik elektryczny powodując obrót wycinka zębatego przesuwającego całe urządzenie kompensacji połączone przekładnią z trzpieniem popychacza i widełkami wyłączającymi sprzęgła. Odwrócenie zasilania silnika przez jednostkę sterującą powoduje powrót elementów do pozycji początkowej. O tym w jakiej pozycji znajduje się dźwignia wyłączająca sprzęgła i z jaką prędkością się porusza informuje sterownik hallotronowy czujnik pozycji. Ponieważ sterowanie sprzęgłem wymaga dość dużej siły, a co za tym idzie – silnik elektryczny musiałby mieć duże rozmiary, zastosowano sprężynę wspomagającą. Zmiany grubości tarczy sprzęgłowej i zużywanie się innych elementów wymaga zastosowania urządzenia kompensującego działającego na tej samej zasadzie co linka z automatyczną regulacją. W przypadku wymiany sprzęgła czy demontażu mechanizmu wymagane jest powtórne zaprogramowanie:

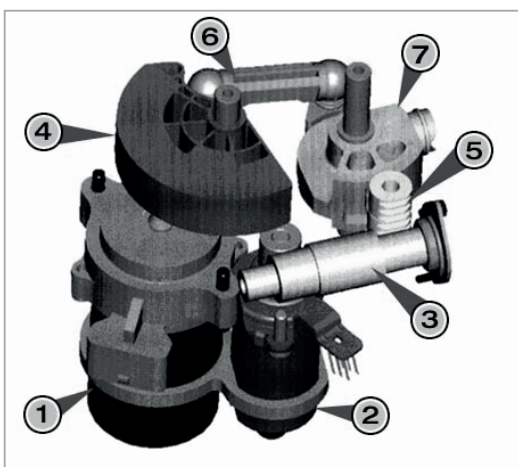
- skoku dźwigni wyłączania sprzęgła – czujnik hallotronowy silnika podaje do sterownika informacje o pozycji wyłączanej i włączonej sprzęgła,
- określonego zakresu poślizgu – czujnik wałka sprzęgłowego podaje do sterownika jego prędkość obrotową, a sterownik silnika informuje o prędkości obrotowej silnika. Różnica w prędkościach określa zakres poślizgu, którego wielkość jest również kontrolowana w czasie zmiany biegu I do N.

Programowanie odbywa się za pomocą elektronicznego urządzenia serwisowego i zapewnia stopniowe i płynne przełączanie biegów.



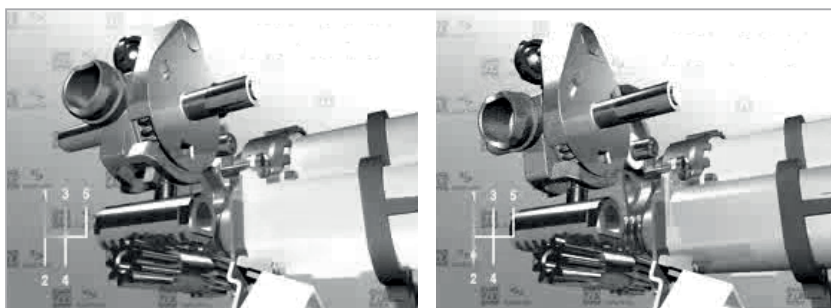
Mechanizm wykonawczy zmiany biegów sterowany przez jednostkę sterującą skrzyni ma dwa zadania:

1. wybór zakresu przełożeń (1-2, 3-4, 5-R)
2. zmiana przełożenia (1, 2, 3, 4, 5, R)



Elementy składowe:

1. silnik zmiany przełożenia (Shift)
2. silnik wyboru zakresu przełożeń (Select)
3. oś zębata
4. wycinek zębaty
5. zębata
6. łącznik
7. moduł przegubu



Wybór zakresu przełożeń następuje po zasileniu przez sterownik silnika wyboru obracającego oś zębata, która obracając zębata działa na moduł przegubu dokonując wyboru zakresu przełożeń.

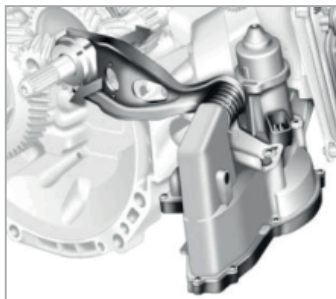
Zmiana przełożenia następuje, gdy silnik zmiany po sygnale ze sterownika obraca odcinek zębaty popychający łącznik i przez obrót modułu dokonuje zmiany biegu. W przypadku demontażu skrzyni, mechanizmu wykonawczego lub wymiany sterownika należy wykonać programowanie przy użyciu elektronicznego urządzenia serwisowego. Z powodów bezpieczeństwa w czasie fazy programowania sterownik uniemożliwia uruchomienie samochodu.

Skrzynia biegów wyposażona w te elementy oraz sterownik działa jak skrzynia automatyczna i umożliwia kierowcy korzystanie z podobnych trybów pracy:

1. tryb automatyczny – wybierany przy uruchomieniu silnika; biegi zmieniają się samoczynnie, sterownik analizując styl jazdy kierowcy dostosowuje program zmiany biegów do charakterystyki – prędkość obrotowa silnika vs przełożenie (jazda sportowa lub ekonomiczna); w trybie tym sterownik dopuszcza również ingerencję kierowcy czyli chwilowe przejście do trybu ręcznego, po czym wraca do trybu auto.
2. tryb ręczny – kierowca sam decyduje o przełożeniu przy użyciu dźwigni zmiany biegów lub przełączników pod kierownicą; możliwa jest również podwójna zmiana biegów.
3. funkcja kick down – gwałtowne wciśnięcie pedału przyspieszenia powoduje redukcję biegu.
4. funkcja start lock – umożliwia uruchomienie silnika po naciśnięciu pedału hamulca, sygnał z włącznika świateł stop daje sygnał do sterownika skrzyni biegów, a ten rozłącza sprzęgło.
5. silne hamowanie – przy działaniu układu ABS sterownik skrzyni rozłącza sprzęgło w celu uniknięcia działania układu napędowego na układ hamulcowy i zapobiega zgaśnięciu silnika po zatrzymaniu.
6. zabezpieczenie pojazdu przy włączonym biegu – można włączyć bieg przy niepracującym silniku i włączonym zapłonie; po wyłączeniu zapłonu nie można wyłączyć biegu.
7. program śnieg – po wykryciu poślizgu kół automatycznie:
 - wyświetla na wyświetlaczu lampkę kontrolną „śnieg”,
 - blokuje włączenie 1-go biegu,
 - umożliwia ruszanie z 2-go biegu,
 - zmienia biegi przy niższych prędkościach obrotowych silnika,
 - wymusza redukcje biegów przy hamowaniu,
 - zmiana biegów jest płynna, ze zmniejszeniem momentu obrotowego silnika.

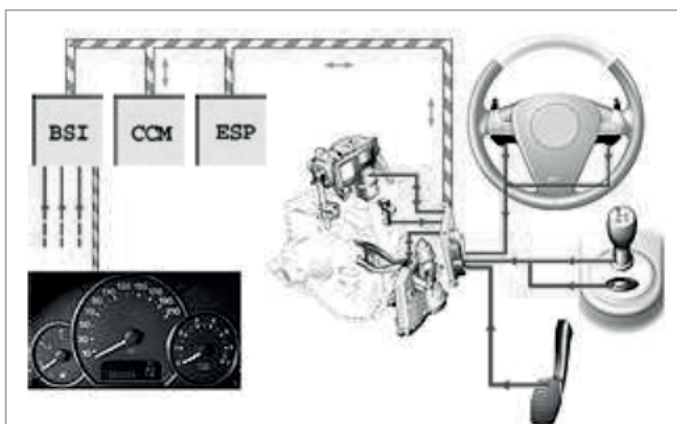
Program automatycznie wyłącza się po ustaniu poślizgu kół.

8. włączenie biegu wstecznego jest możliwe tylko przy zatrzymanym pojeździe i naciśniętym pedale hamulca.
9. zabezpieczenie sprzęgła przed przegrzaniem – utrzymywanie samochodu z włączonym biegiem, np. na wzniesieniu i operowanie pedałem przyspieszenia w celu utrzymania pozycji powoduje przegrzanie sprzęgła – w tym przypadku sterownik czasowo włącza i wyłącza sprzęgło sygnalizując kierowcy usterkę.



10. zabezpieczenie łożyska oporowego – silnik włączony, samochód zatrzymany, bieg włączony – sterownik przełącza skrzynię na bieg N bez sygnalizacji na wyświetlaczu. Po dłuższym czasie, przy braku zmian, na wyświetlaczu pojawia się symbol N informujący kierowcę o dokonaniu zmiany przełożenia.
11. autoadaptacja sterownika – podczas pracy układu, ze względu na jego zużycie, wymagane są automatyczne korekty punktu poślizgu sprzęgła i początku synchronizacji biegu.

3.4.4.1. SPOSOBY KOMUNIKACJI



BSI – moduł obsługi układów wewnętrznych nadwozia – klimatyzacja, wskaźniki, oświetlenie, itp.

CCM – moduł sterowania silnikiem

ESP – moduł elektronicznej stabilizacji toru jazdy połączony z modułem ABS

Wymiana informacji między tymi sterownikami działającymi w sieci wymiany danych CAN polega na przekazywanie sygnałów do urządzeń wykonawczych siecią przewodową oraz odbiór poleceń od kierowcy.

Przykładowo: kierowca sygnalizuje łopatką zamiar zmiany biegów na wyższy. Sygnał z modułu umieszczonego pod kierownicą (sterującego również pracą oświetlenia i wycieraczek) przewodami dociera do sterownika skrzyni biegów. Po analizie parametrów pracy skrzyni sterownik komunikuje się z modułem silnika (sieć CAN),

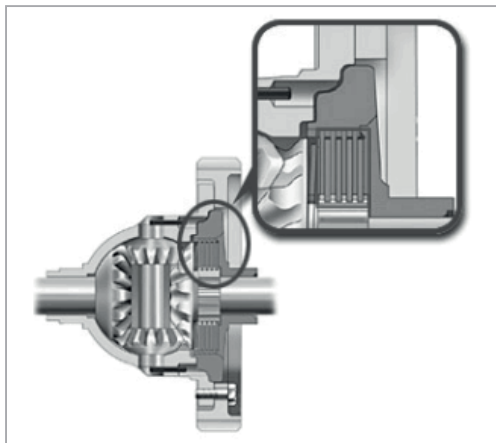
aby ograniczyć moment napędowy i utrzymać chwilową prędkość obrotową silnika. Zmiana biegów następuje po sprawdzeniu informacji od innych modułów, np. ESP – czy następuje poślizg kół, ABS – czy ma miejsce gwałtowne hamowanie po nagłej zmianie sytuacji na drodze, itd.

Jak widać – możliwość eksploatacji tego typu skrzyni jak i innych o sterowaniu elektronicznym powstała w wyniku rozwoju elektroniki. Dotyczy to nie tylko samej części informatycznej, ale również technologicznej, by zastosowane elementy miały odpowiednią trwałość i odporność na szczególnie trudne warunki pracy. Dalszy postęp technologiczny niewątpliwie poprawi działanie zespołów sterowanych elektronicznie i będzie pozwalał na ich coraz szersze stosowanie nawet tam, gdzie teraz wydaje się to niemożliwe.

3.4.5. BLOKOWANE MECHANIZMY RÓŻNICOWE

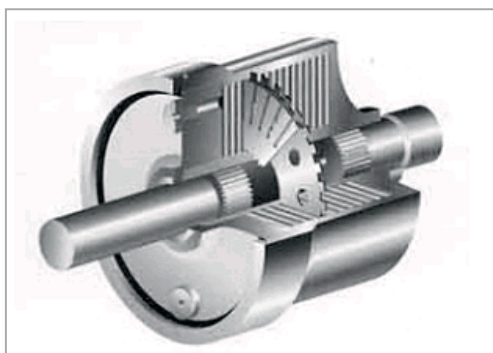
Klasyczny mechanizm różnicowy pozwalający na przekazywanie mocy na koła napędowe pojazdu podczas jazdy w nieustalonych warunkach – jazda po łuku, gwałtowne przyśpieszanie – w dobie szybkiego rozwoju konstrukcji silników przestał w pełni prawidłowo spełniać swoje zadanie. Wzrost mocy, a w szczególności momentu obrotowego nowoczesnych silników dzięki zastosowaniu doładowania turbosprężarkami lub sprężarkami mechanicznymi wymusił na konstruktorach postęp w sposobie przekazywania go na koła napędowe. Rozwiązania stosowane do tej pory, a więc mechanizmy o zwiększonym tarciu wewnętrznym czy blokady mechaniczne działały od włączenia ich przez kierowcę do momentu ich ręcznego wyłączenia. Mogło to prowadzić do błędów w stosowaniu tych blokad, co skutkowało zwiększonym zużyciem elementów układu napędowego (w skrajnych przypadkach – nawet ich zniszczeniem), bądź też ograniczało ich funkcjonalność.

Z pomocą przychodzi elektronika, która wykorzystując liczne układy sterujące współczesnego samochodu wprzęga mechanizm różnicowy do szeroko pojętego układu sterowania siłą napędową. Dla zapewnienia lepszej pracy układu napędowego wprowadzono mechanizm różnicowy o ograniczonym poślizgu, np. wyposażony w wielotarczowy hamulec stały. Co druga tarcza połączona jest z jednym z dwóch kół koronowych, a pozostałe – z jarzmem satelitów. Jeśli jedno z kół napędzanych traci przyczepność, drugie koło przekazuje moment odpowiadający momentowi hamulca. Taki typ blokowania stanowi kilkudziesięcioprocentowy stopień blokady mechanizmu różnicowego.



Całkowite blokowanie mechanizmu (100 %) może mieć tylko charakter przejściowy, ponieważ likwiduje całą filozofię pracy mechanizmu i w skrajnych przypadkach może doprowadzić do poważnych uszkodzeń układu napędowego.

Innym rozwiązaniem jest sprzęgło wiskotyczne stosowane przede wszystkim w samoistnie dołączanych napędach przednich lub tylnych.

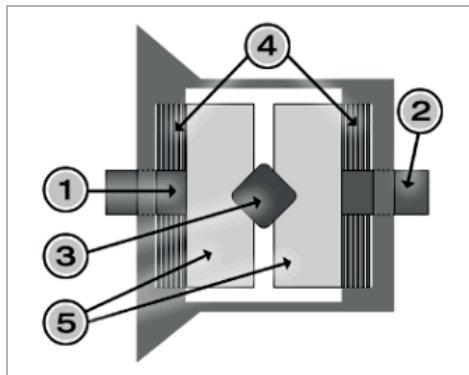


Zbudowane jest na tej samej zasadzie co hamulec w mechanizmie o ograniczonym poślizgu. Tarcze zanurzone są w specjalnym oleju na bazie silikonu stanowiąc sprzęgło wiskotyczne.

Opór stawiany przez sprzęgło wiskotyczne zależy od prędkości względnej poruszających się elementów. Im większy zatem będzie poślizg, tym większy opór będzie stawiał mechanizm.

Im większy będzie stawiał opór, tym większy moment obrotowy będzie w stanie przenieść.

Kolejnym rozwiązaniem może być mechanizm samoblokujący, który posiada dodatkowo hamulec dla każdego koła koronowego.



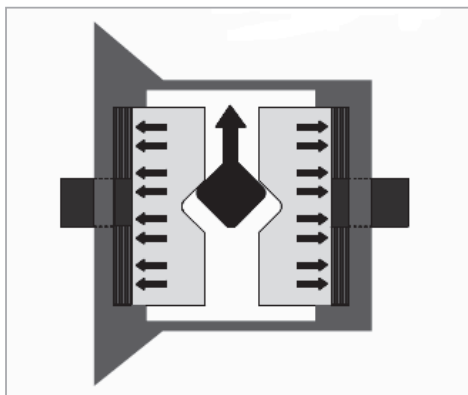
1 i 2 – koła koronowe

3 – oś satelitów

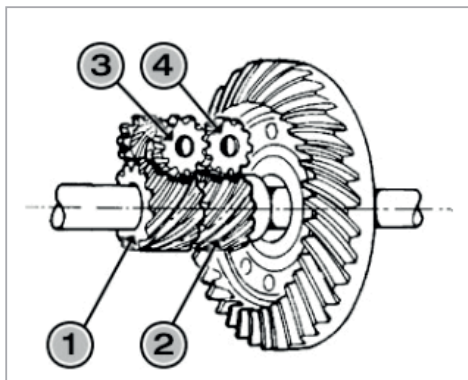
4 – hamulce

5 – tłoczki

Oś satelitów steruje siłą docisku hamulców za pomocą tłoczków.



Innym rozwiązaniem jest mechanizm różnicowy typu Torsen, oparty na zasadzie koła ze śrubą ślimakową. Śruba ta może napędzać koło, ale nie może być odwrotnie.



Koła koronowe 1 i 2 stanowią dwie śruby ślimakowe, a koła zębate 3 i 4 to satelity. Poślizg koła (1) powoduje przekazanie momentu obrotowego na zespół kół zębatach (3) i (4), a ponieważ odwrotna sytuacja nie jest możliwa, zespół kół zębatach przekazuje siłę poprzez swoje osie obrotu na obudowę mechanizmu i sprzęga się na stałe z kołem (2) o większej przyczepności. Mechanizm ten, zwany samoblokującym, stosuje się również jako międzyosiowy mechanizm różnicowy .

Wszystkie przykładowe rozwiązania konstrukcyjne mają jedną wspólną cechę – brak kontroli nad ich działaniem, a co za tym idzie – nie zawsze prawidłową pracę z punktu widzenia elektronicznego sterowania silnikiem, skrzynią biegów, układami zwiększającymi bezpieczeństwo i komfort podróżowania samochodem.

Najprostszym sposobem kontroli jest wykorzystanie elektroniki z użyciem elementów układu ABS i ESP, czyli układu zapobiegającego blokowaniu się kół podczas hamowania i elektronicznego układu stabilizacji toru jazdy. Jednostka sterująca układem ABS/ESP wykrywa za pomocą czujników poślizg koła i sterując sekwencjami hamowania koła generuje moment oporowy oddziaływujący na odpowiednie koło koronowe. Moment ten umożliwi kołu koronowemu na przeciwległym kole przekazanie momentu napędowego do koła dysponującego większą przyczepnością. Funkcja ta, ze względu na swoją prostotę, nie gwarantuje skutecznej pomocy kierowcy we wszystkich trudnych warunkach. Do takiej pomocy włącza się również sterownik silnika, który może ograniczyć moment napędowy nie doprowadzając do zerwania przyczepności.

Nowoczesne samochody (np. typu SUV), jak wykazują badania, 95% swego życia spędzają na drogach utwardzonych, a w tych warunkach ważniejsze jest zapewnienie kierowcy kontroli nad pojazdem w każdych warunkach, np. pogodowych, bez obciążania go dodatkowymi czynnościami związanymi z kierowaniem pojazdem, niż zapewnienie dobrych własności terenowych.

Układy sterowania siłą napędową traktacji są tak rozbudowane i łączą tak wiele funkcji, że stosowanie mechanicznych urządzeń nie tylko zwiększa koszty produkcji, ale także m.in. masę pojazdu oraz – co za tym idzie – zużycie paliwa, czyniąc go mniej ekologicznym.

Literatura:

1. M. Zając, Układy przeniesienia napędu samochodów ciężarowych i autobusów, WKŁ
2. Z. Jaśkiewicz, A. Wąsiewski, Układy napędowe pojazdów samochodowych. Obliczenia projektowe, OWPW 2002
3. Z. Jaśkiewicz, Przekładnie stożkowe i hipoidalne. Układy napędowe samochodów, 1978
4. W Grzegózek, Nowoczesne układy napędowe samochodów osobowych, Nauka i technika w PK, 2005
5. Materiały szkoleniowe Toyota Motor Poland
6. Materiały szkoleniowe Volkswagen
7. Materiały szkoleniowe Citroen
8. <http://www.mototechnika.republika.pl/pliki/ukladynapedowe.html>

3.5. STEROWANIE ELEKTRONICZNE W SAMOCHODOWYCH UKŁADACH PODWOZIA SAMOCHODU

3.5.1. WSTĘP

Nowoczesne układy hamulcowe, systemy wspomagające układ hamowania, aktywne zawieszenia i układy kierownicze zwiększają komfort jazdy samochodem, ale główną ich zaletą jest zwiększenie bezpieczeństwa na drogach przez eliminowanie błędów kierującego. Nowoczesne układy elektronicznego sterowania stały się niezawodne, a ich reakcja na zmienne sytuacje na drodze jest często szybsza niż reakcja kierującego pojazdem.

Układ hamulcowy w pojazdach ma decydujący wpływ na bezpieczeństwo w ruchu drogowym – od jego skuteczności, niezawodności i szybkości działania często zależy życie i zdrowie kierowców, pasażerów i pieszych poruszających się po drogach.

3.5.2. ELEKTROHYDRAULICZNY SYSTEM HAMULCOWY (EHB/SBC - SENSOTRONIC BRAKE CONTROL)

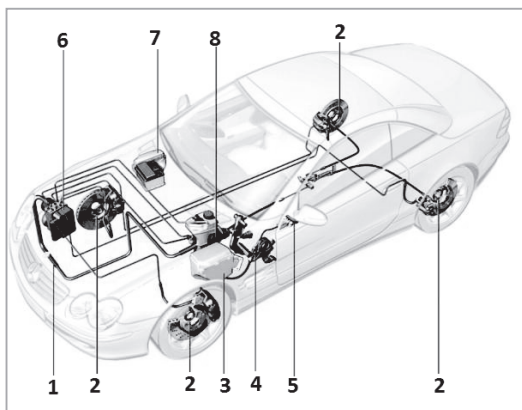
Ten rodzaj układu hamulcowego został opracowany przez firmę Bosch, a zastosowanie znalazł w samochodach Mercedes i Maybach.

W tym rozwiązaniu kierowca naciskając na pedał hamulca daje sygnał do sterownika SBC o prędkości nacisku na pedał hamulca i sile nacisku. Sterownik otrzymuje również informację z innych czujników określających aktualne warunki jazdy i na podstawie tych informacji wylicza ciśnienie hamujące dla każdego koła indywidualnie. Kieruje ciśnienie przez zawory sterujące ze zbiornika ciśnienia, w którym przez pompę hydrauliczną jest utrzymywane ciśnienie ok.15 MPa, do odpowiednich zacisków hamulcowych. Układ ten łączy funkcję ABS, BAS, ASR, ESP.

Tylko w przypadku pracy awaryjnej, gdy SBC jest uszkodzone, ciśnienie wytworzone w pompie jest kierowane do kół przednich samochodu.

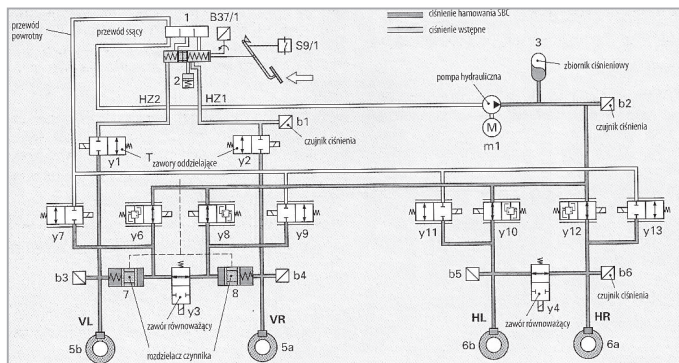
Zalety SBC:

- utrzymanie pojazdu przy ruszaniu pod górkę,
- suszenie wilgotnych tarcz hamulcowych,
- unikanie wstrząsu przy zatrzymywaniu pojazdu,
- wstępne napełnianie przewodów hamulcowych przy gwałtownym zdjęciu nogi z pedału przyspieszenia,
- automatyczne dostosowanie prędkości i odstępu do samochodu poprzedzającego.



1. przewód hydrauliczny
2. czujnik prędkości obrotowej koła
3. zestaw sterowników ze sterownikiem ESP
4. pedał przyspieszenia z czujnikiem położenia
5. czujnik prędkości pojazdu wokół osi pionowej
6. moduł hydrauliczny z pompą
7. bezpieczniki
8. zespół pedału hamulca z klasyczną pompą i czujnikiem

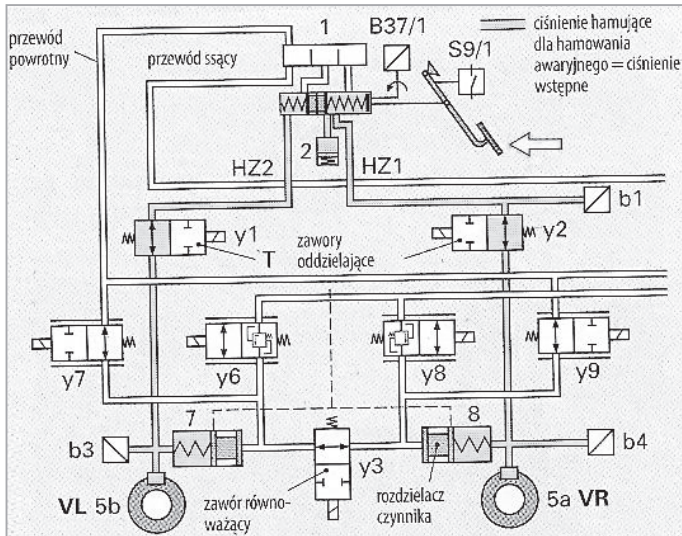
Rys. 5.1. Rozmieszczenie elementów SBC



Rys. 5.2. Schemat działania układu hydraulicznego SBC w czasie hamowania normalnego

Działanie układu.

Elektryczna pompa hydrauliczna (m1) wytwarza ciśnienie w zbiorniczku ciśnieniowym (3) rzędu 15 MPa. Ciśnienie to jest mierzone przez czujnik ciśnienia (b2) – jeżeli spadnie poniżej określonej wartości, pompa uruchamia się ponownie. Po naciśnięciu na pedał hamulca pompa hamulcowa wytwarza ciśnienie hamujące w dwóch obwodach pompy. Ciśnienie to jest rejestrowane przez czujnik ciśnienia (b1). Sterownik powoduje zamknięcie połączenia hydraulicznego z kołami przednimi przez uruchomienie zaworów odcinających (y1) i (y2). Sterownik dla każdego koła oblicza optymalne ciśnienie hamujące i reguluje je za pomocą zaworów dolotowych (y6, y8, y10, y12) i zaworów odpływowych (y7, y9, y11, y13). Do sterownika sływa informacja o rzeczywistym ciśnieniu w zaciskach kół z czujników ciśnienia (b3, b4, b5, b6). Zawory równoważące (y3, y4) zapewniają wyrównanie ciśnień w kołach jednej osi lub – gdy są zamknięte (np. na zakrętach) – umożliwiają indywidualną regulację ciśnienia dla każdego koła. Separatory (7, 8) zapobiegają przenikaniu azotu z nieszczelnego zbiornika ciśnieniowego (3) do cylindra roboczego (1).



Rys. 5.3. Schemat działania układu hydraulicznego SBC w czasie hamowania awaryjnego

Działanie układu.

Zawory odcinające (y1, y2) pozostają otwarte – nie są zasilane prądem. Ciśnienie hamowania wytworzone w pompie hamulcowej przez kierowcę kierowane jest do zacisków kół przednich.

3.5.3. UKŁAD PRZECIWBLOKUJĄCY ABS (ANTI-LOCK BRAKES SYSTEM)

Prace nad układami przeciwblokującymi koła samochodu w czasie hamowania trwały od lat 30. poprzedniego stulecia. Patent na urządzenie zapobiegające blokowaniu kół został zgłoszony w 1936 r. przez firmę Bosch. Pomysł ten nie został zrealizowany ze względu na brak możliwości technicznych sterowania szybkim zmniejszaniem i zwiększaniem ciśnienia płynu hamulcowego. Dopiero elektronika cyfrowa pozwoliła rozwiązać ten problem. W latach 60. ubiegłego stulecia rozpoczęto intensywne prace nad systemem ABS (firmy Teldix, Bosch). Lata 70. to początki stosowania tego układu w samochodach (przyczynił się do tego rozwój elektroniki, mocy obliczeniowej i trwałości układów). W roku 1978 układ ABS 2 znalazł zastosowanie w wielu segmentach samochodów osobowych. Dla samochodów użytkowych z pneumatycznym układem hamulcowym układ ABS powstał i został wprowadzony na rynek w 1982 r. Od roku 1994 Firma Bosch dostarcza także układy ABS do motocykli.

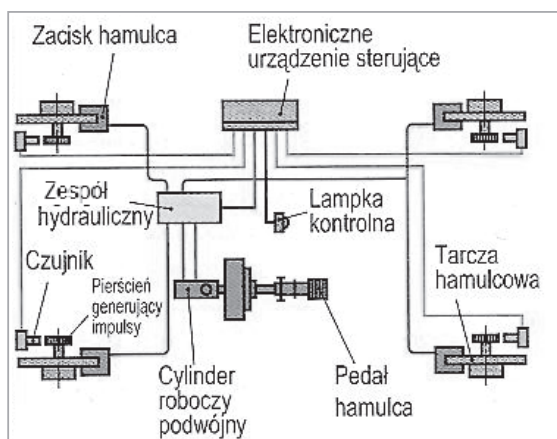
Układ ABS jest stale doskonalony i dostosowywany do współpracy z innymi układami, np. ESP, ASR.

Od lipca 2004 r. ABS jest już standardem w nowych samochodach produkowanych w Europie.

Zadaniem układu ABS jest zapobieganie blokowaniu się kół w czasie hamowania. Tylko toczące się koła są w stanie przenieść siły boczne i wtedy zostaje utrzymana kierowność pojazdem.

Układ ABS jest zbudowany z:

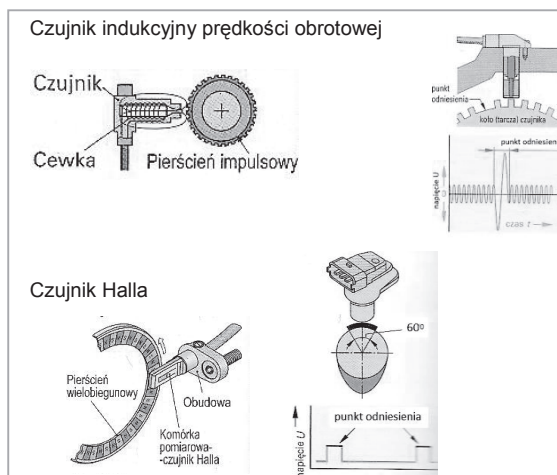
- czujników prędkości obrotowej kół,
- pierścieni generujących impulsy,
- zespołu hydraulicznego,
- elektronicznego urządzenia sterującego,
- ostrzegawczej lampki kontrolnej.



Rys. 5.4. Schemat układu ABS

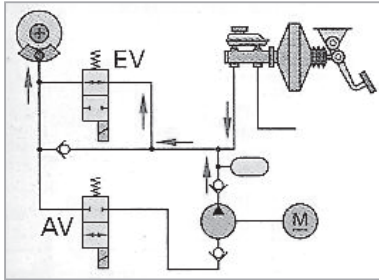
Czujniki prędkości obrotowej kół przekazują do sterownika sygnały o zmiennej częstotliwości, co pozwala obliczyć prędkość obrotową koła.

Stosowane są czujniki:



Rys. 5.5. Czujniki prędkości obrotowej

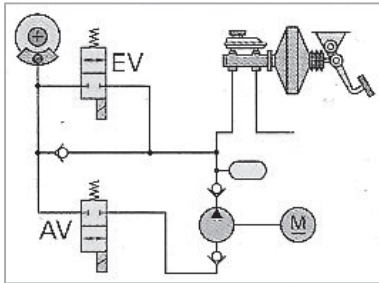
Fazy regulacji ciśnienia w zaciskach kół – w agregacie hydraulicznym są umieszczone dwa zawory elektromagnetyczne 2/2, dzięki którym możliwe jest uzyskanie dla każdego regulowanego obwodu jednego z trzech stanów:



EV – zawór wlotowy, AV – zawór wylotowy

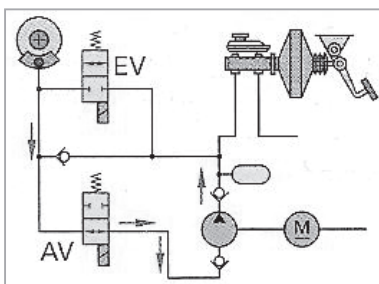
wytwarzanie ciśnienia – zawór wlotowy jest otwarty (bez zasilania prądem), a zawór wylotowy jest zamknięty (bez zasilania prądem),

Rys. 5.6. Zakres wytwarzania ciśnienia



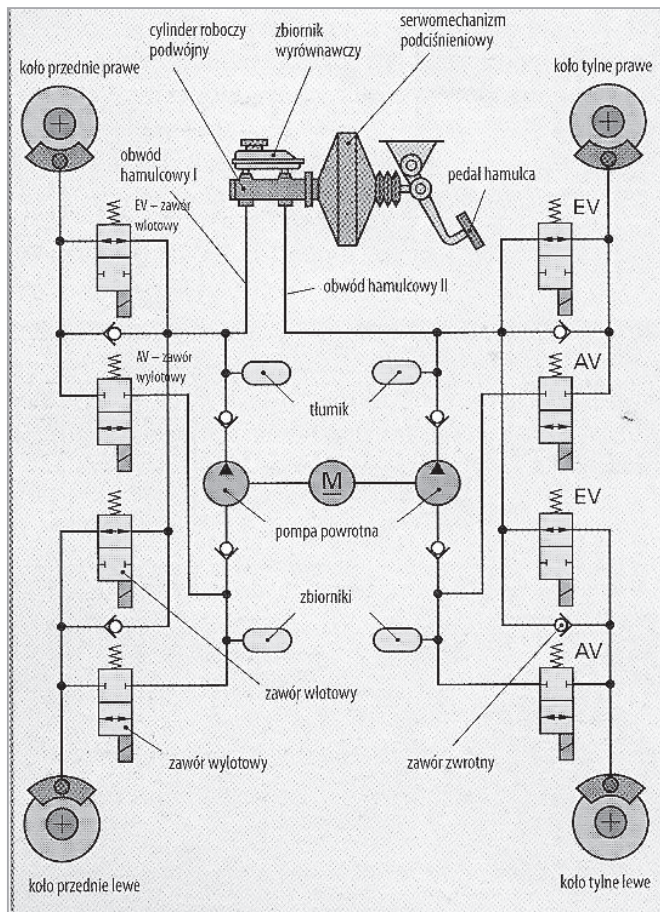
utrzymywanie ciśnienia – zawór wlotowy jest zamknięty (zasilany prądem), zawór wylotowy jest zamknięty (bez zasilania prądem),

Rys. 5.7. Zakres utrzymania ciśnienia



redukcja ciśnienia – zawór wlotowy jest zamknięty (zasilany prądem), zawór wylotowy jest otwarty (zasilany prądem).

Rys. 5.8. Zakres redukcji ciśnienia



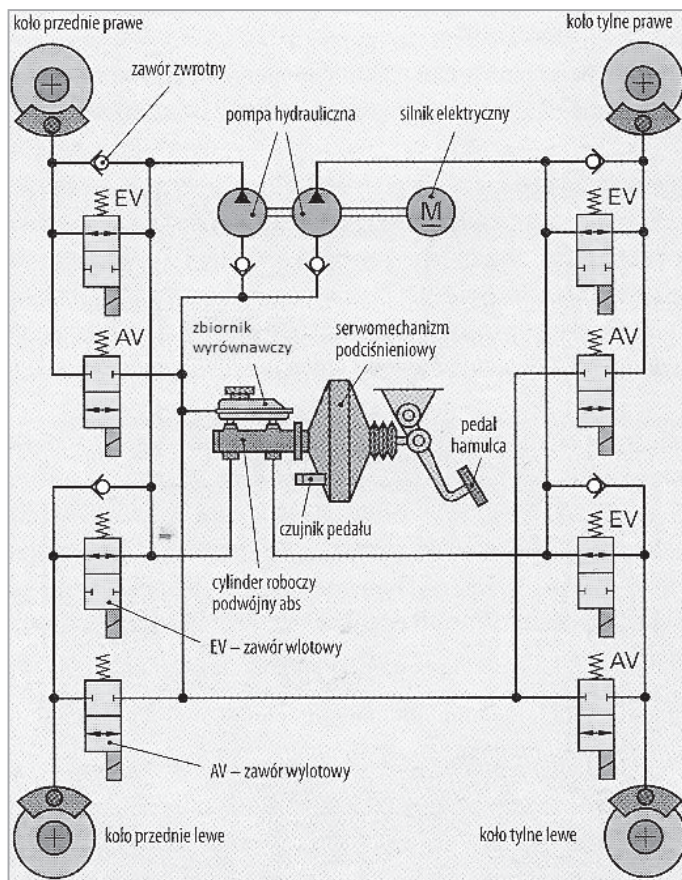
Rys. 5.9. Układ ABS z obwodem zamkniętym i zaworami elektromagnetycznymi 2/2

Zasada działania:

Przy normalnym hamowaniu bez blokowania kół i przy wyłączonym układzie ABS zawór wlotowy jest otwarty, a zawór wylotowy zamknięty.

Kiedy czujnik koła informuje o nagłym opóźnieniu kątowym koła, zawór wlotowy zostaje zamknięty i przestaje narastać ciśnienie w obwodzie koła.

Jeżeli prędkość kątowa koła nadal się zmniejsza lub koło zostało zablokowane, otwiera się zawór wylotowy i następuje spadek ciśnienia hamowania w obwodzie regulowanego koła. Nadmiar płynu hamulcowego z obwodu regulowanego koła wpływa do przewodów za zaworem elektromagnetycznym i zbiornika skąd jest przepompowywany przez pompę powrotną do układu gdzie nastąpił ubytek płynu. W trakcie działania ABS kierowca odczuwa wibrację pedału hamulca.



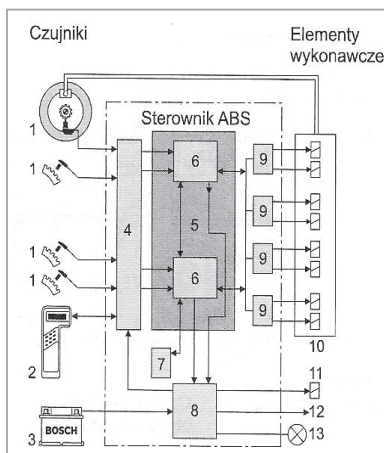
Rys. 5.10. Układ ABS z obwodem otwartym i zaworami elektromagnetycznymi 2/2

Zasada działania:

Regulacja siły hamowania przebiega jak w poprzednim rozwiązaniu, różni się jednak sposobem powrotu płynu hamulcowego do regulowanego obwodu.

Po otwarciu zaworu wylotowego nadmiar płynu hamulcowego odpływa do zbiorniczka wyrównawczego. Po zamknięciu zaworu wylotowego i otwarciu zaworu wlotowego pedał hamulca przemieszcza się w dół. Elektroniczne urządzenie sterujące kierując się informacją z czujnika położenia pedału uruchamia pompę hydrauliczną, która uzupełnia płyn hamulcowy w regulowanym obwodzie – pedał hamulca powraca do swojej pozycji wyjściowej.

Elektroniczne urządzenie sterujące



1. czujniki prędkości obrotowej kół
2. gniazdo diagnostyczne
3. akumulator
4. stopień wejściowy sterownika ABS
5. regulator cyfrowy sterownika
6. mikroprocesor sterownika
7. pamięć stała
8. stabilizator napięcia i pamięć usterek
9. stopień wyjściowy sterownika ze wzmacniaczem sygnału
10. podwójne zawory elektromagnetyczne agregatu hydraulicznego
11. przełącznik
12. napięcie stabilizowane
13. lampka kontrolna układu ABS

Rys. 5.11. Czterokanałowy układ ABS

Zasada działania:

Sterownik ABS otrzymuje informację z czujników prędkości obrotowej kół – po wzmocnieniu sygnał jest analizowany równolegle przez dwa (ze względów bezpieczeństwa) procesory kilkakrotnie w ciągu sekundy i wysłany jest, ponownie wzmocniony, sygnał wyjściowy do zaworów elektromagnetycznych umieszczonych w agregacie hydraulicznym. Przy włączeniu zapłonu sterownik ABS przeprowadza test układu – jeżeli wynik jest pozytywny wyłączona zostaje lampka kontrolna ABS.

Obecnie są stosowane układy ABS z:

- regulacją indywidualną – każde z dwóch kół jednej osi jest hamowane indywidualnie – zaletą rozwiązania jest duża skuteczność siły hamowania, a wadą – pogorszenie stabilizacji toru jazdy,
- regulacją select-low – koło o mniejszej przyczepności określa ciśnienie hamowania dla obu kół jednej osi – zaletą tego rozwiązania jest zachowanie stabilnego toru jazdy, a wadą – wydłużenie drogi hamowania,
- systemem czterokanałowym – każde koło jest regulowane indywidualnie,
- systemem trzykanałowym – koła osi przedniej są regulowane w sposób indywidualny, tylne zaś według zasady select-low.

Układy ABS wyłączają się przy prędkościach poniżej 6 km/h.

3.5.4. UKŁAD ZAPOBIEGAJĄCY POŚLIZGOWI KÓŁ ASR

Firma Bosch pracowała od roku 1980 nad układem zapobiegającym poślizgowi kół napędzanych, a w roku 1986 wprowadziła do seryjnej produkcji układ ASR

Układ ASR ogranicza siłę napędową do maksymalnej, jaką w danych warunkach jest w stanie przenieść opona współpracująca z nawierzchnią jezdni.

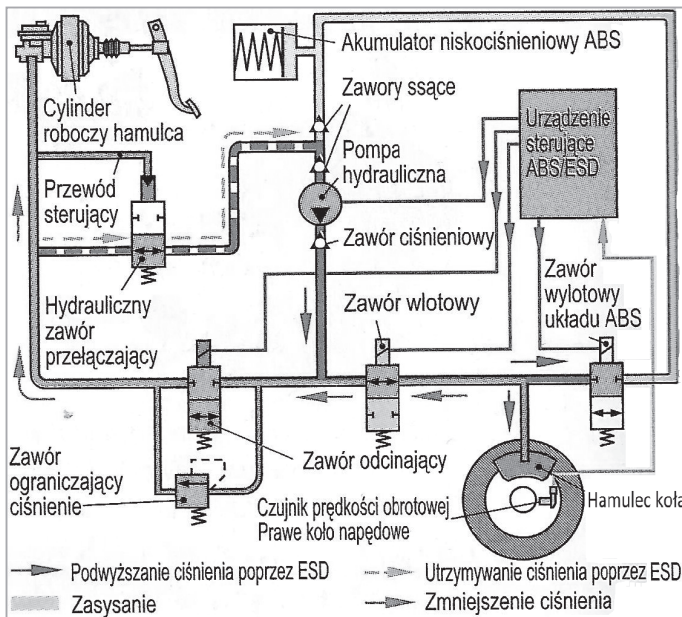
Systemy ASR ingerują w pracę:

- silnika – zmniejszając jego moment obrotowy, opóźniając zapłon i zmieniając kąt otwarcia przepustnicy,
- układu hamulcowego – przyhamowując koło ślizgające się po nawierzchni.

Systemy ASR i ABS wspólnie wykorzystują czujniki.

Zaletą stosowania układu ASR jest:

- zwiększenie bezpieczeństwa jazdy przy dużych siłach napędowych pojazdu,
- polepszenie właściwości trakcyjnych przy ruszaniu,
- dostosowanie momentu obrotowego silnika do przyczepności kół do jezdni,
- informowanie kierowcy o osiągnięciu granicznej dynamiki jazdy.



Rys. 5.12. Obwód hamowania jednego koła ASR/ESD

Zasada działania:

Jeżeli jedno z kół zaczyna się ślizgać, zamykany jest zawór odcinający oraz włączana pompa hydrauliczna. Następuje kolejno:

- podwyższenie ciśnienia – ciśnienie z pompy hydraulicznej przez zawór wlotowy jest kierowane do zacisku koła obracającego się z poślizgiem (koło zostaje przyhamowane),

- utrzymanie ciśnienia – zawór wlotowy zostaje zamknięty, pompa wyłączona,
- obniżenie ciśnienia – zawory odcinający i wylotowy zostają otwarte, płyn hamulcowy powraca do zbiorniczka wyrównawczego.

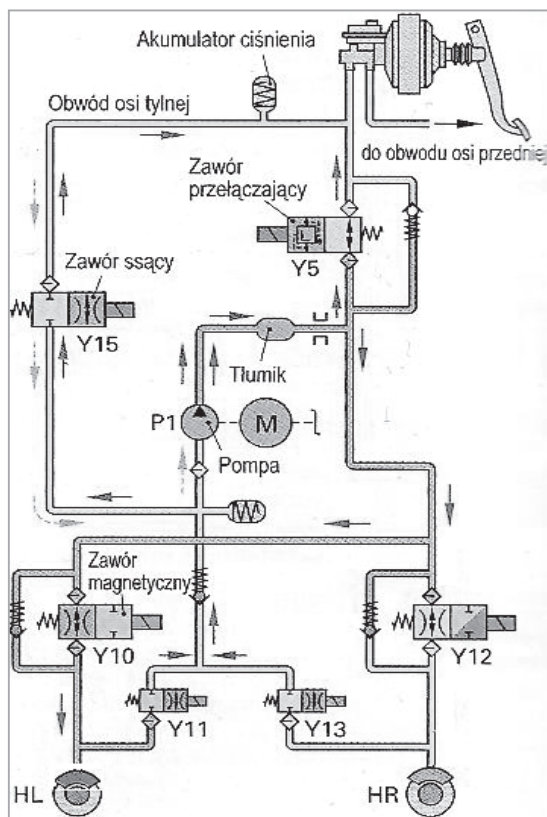
System ASR ingerujący w pracę silnika i działanie układu hamulcowego.

Zasada działania:

Ingerencja w układ hamulcowy przy prędkościach $V < 40$ km/h.

Dla poślizgu lewego tylnego koła następuje kolejno:

- **podwyższenie ciśnienia** – zawór (Y15) zostaje otwarty, a pompa (P1) uruchomiona. Płyn zasysany ze zbiorniczka wyrównawczego płynie przez pompę i otwarty zawór (Y10) do zacisku (HL). Zawór (Y12) i zawór (Y5) zostają zamknięte, koło lewe tylne zostaje przyhamowane.
- **utrzymanie ciśnienia** – zawór (Y10) zostaje zamknięty, ciśnienie w zacisku jest utrzymywane.
- **obniżenie ciśnienia** – zawory (Y11) i (Y15) zostają otwarte, ciśnienie spada, przez otwarte zawory następuje powrót płynu hamulcowego do zbiorniczka wyrównawczego.



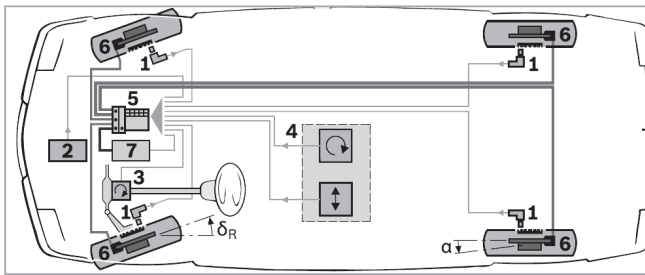
Rys. 5.13. Schemat połączeń hydraulicznych układ ASR

Przy prędkości $V > 40$ km/h układ regulacji silnika zmienia przy pomocy silnika nastawnego położenie przepustnicy przymykając ją i opóźnia zapłon. Takie ustawienia zmniejszają moment obrotowy silnika.

Podczas hamowania silnikiem układ MSR–sterownik rozpoznaje poślizg kół i otwiera przez silnik nastawczy przepustnicę, zwiększając prędkość obrotową silnika i powodując zanik poślizgu kół napędowych.

3.5.5. UKŁAD STABILIZACJI TORU JAZDY

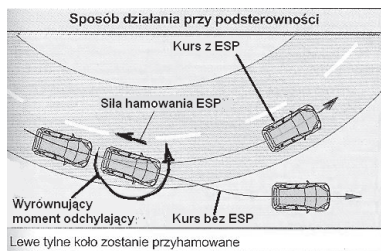
System ESP rozpoznaje zagrożenie poślizgiem we wczesnej fazie i przez redukcję momentu obrotowego oraz wyhamowywanie poszczególnych kół kieruje pojazdem naprowadzając go na prawidłowy tor jazdy. Układ ESP został zaprezentowany przez firmę Bosch w roku 1995 roku. Od tego czasu możemy ten układ spotkać w wielu modelach pojazdów, a od 2014 roku układy ESP będą obowiązkowe w nowych samochodach na rynkach Unii Europejskiej. Układ ten pozwala zapobiegać wielu kolizjom w ruchu drogowym.



Rys. 5.14. Elementy zintegrowanej regulacji dynamiki jazdy ESP

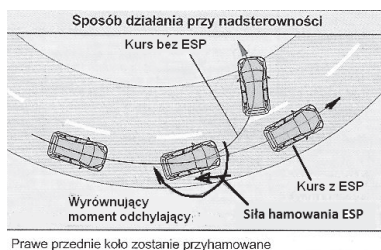
1. Czujnik prędkości obrotowej kół (mierzy zróżnicowane prędkości obrotowe kół oraz prędkość jazdy)
2. Czujnik ciśnienia wstępnego (mierzy ciśnienie hamowania generowane w zespole hydraulicznym)
3. Czujnik obrotu kierownicy (mierzy kąt obrotu koła kierownicy określający kąt wychylenia kół przednich)
4. Czujnik prędkości kątovej (mierzy ruch obrotowy wokół osi pionowej pojazdu zintegrowany z czujnikiem przyspieszenia poprzecznego (wychwytuje opuszczenie przez pojazd poprawnego toru przy jeździe na zakrętach)
5. Zespół hydrauliczny z zamontowanym sterownikiem
6. Hamulce kół
7. Sterownik silnika

Na podstawie informacji z czujnika kąta ustawienia kierownicy i prędkości obrotowej urządzenie sterujące oblicza wartość żadaną kierunku jazdy. Z pozostałych czujników: przyspieszenia i ruchu odchylającego sterownik oblicza rzeczywisty kierunek jazdy. Jeżeli różni się on od kierunku żadanego dokonuje korekty przez ingerencję w układ hamulcowy lub zmianę momentu obrotowego silnika.



Rys. 5.15. Działanie ESP przy podsterowności

Przy wykryciu podsterowności układ ESP przyhamowuje tylne koło po wewnętrznej stronie zakrętu wytwarzając wyrównujący moment odchylający utrzymując pojazd na drodze.

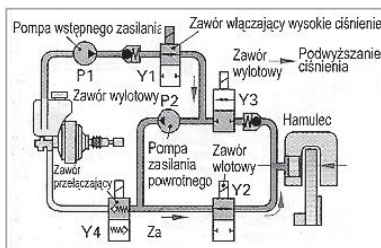


Rys. 5.16. Działanie ESP przy nadsterowności

Przy wykryciu nadsterowności układ ESP przyhamowuje przednie koło po stronie zewnętrznej zakrętu wytwarzając wyrównujący moment odchylający utrzymując pojazd na drodze.

Reakcja układu ASP na zmianę toru jazdy jest rzędu 7 m/s.

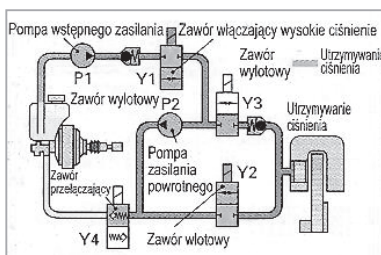
Działanie ESP/Fazy regulacji ASP



Rys. 5.17. Działanie ESP – podwyższanie ciśnienia

- **podwyższenie ciśnienia**

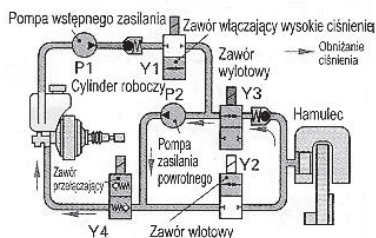
Pompa wstępnego zasilania (P1) włącza się. Płyn hamulcowy płynący przez zawór (Y1), pompę (P2) i otwarty zawór (Y2) uruchamia hamulec. Zawory (Y3) i (Y4) są zamknięte.



Rys. 5.18. Działanie ESP – utrzymanie ciśnienia

- **utrzymanie ciśnienia**

Zawór (Y1) włączający wysokie ciśnienie i zawór wlotowy (Y2) zostają zamknięte. Ciśnienie hamowania pozostaje bez zmian.



- **obniżenie ciśnienia**

Zawór (Y3) zostaje otwarty i płyn przez otwarty zawór (Y4) płynie do zbiornika wyrównawczego. Zawory (Y1) i (Y2) zostają zamknięte. Ciśnienie hamowania spada.

Rys. 5.19. Działanie ESP utrzymanie ciśnienia

Układ ESP łączy układy ABS, ASR, MSR, ABV i GMR w jedną sieć.

W sterowniku ESP, ze względów bezpieczeństwa, znajdują się dwie jednostki sterujące – w razie uszkodzenia zintegrowanego systemu do dyspozycji kierowcy pozostaje konwencjonalny układ hamulcowy.

3.5.6. ELEKTRYCZNE HAMULCE POSTOJOWE

Elektryczne hamulce postojowe są coraz częściej stosowane w układach hamulcowych. Istnieją dwa rozwiązania uruchamiające hamulec:

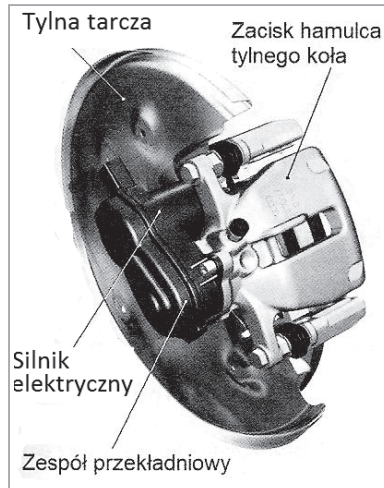
- silnik elektryczny naciąga linkę hamulca,
- silniki elektryczne są bezpośrednio zamontowane w zaciskach hamulcowych.

Działanie hamulca pomocniczego możemy wywołać poprzez ręczne uruchomienie przyciskiem lub może być on sterowany elektronicznie – o użyciu hamulca decyduje wtedy sterownik na podstawie informacji wpływających z czujników:

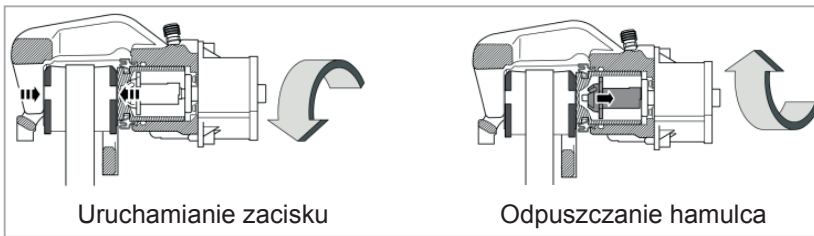
- prędkości jazdy samochodu,
- przechyłu samochodu,
- siły zaciśnięcia hamulców,
- informacji o użyciu sprzęgła,
- informacji o zamknięciu drzwi,
- informacji o zapięciu pasów.

Sterownik decyduje także czy użyć hamulec jako postojowy przy małych prędkościach, czy jako awaryjny przy dużych prędkościach samochodu.

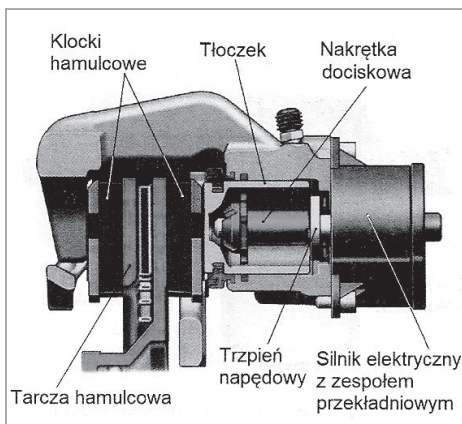
Silnik elektryczny jest umieszczony na zacisku hamulcowym, sterownik podaje sygnał przewodami elektrycznymi, a silnik elektryczny wytwarza moment obrotowy, który przez obracający się trzpień napędowy i nakrętkę dociskową zostaje zmieniony na siłę docisku. Gdy dopływ prądu do silnika zostaje przerwany, samohamowny gwint utrzymuje siłę zacisku.



Rys. 5.20. Zacisk hamulcowy tylnego koła z silnikiem elektrycznym

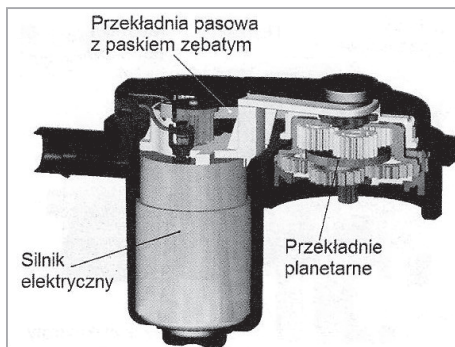


Rys. 5.21. Działanie elektrycznego hamulca postojowego

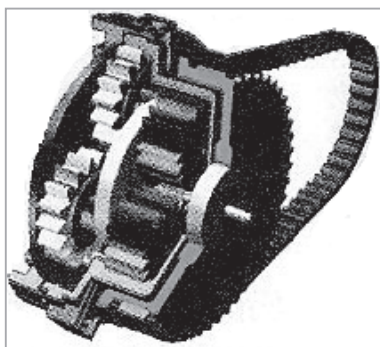


Przy odpuszczaniu hamulca postojowego silnik pracujący w drugą stronę powoduje cofnięcie nakrętki dociskowej i zwolnienie docisku klocków hamulcowych.

Rys. 5.22. Przekrój zacisku hamulcowego



Rys. 5.23. Silnik elektryczny z przekładnią planetarną



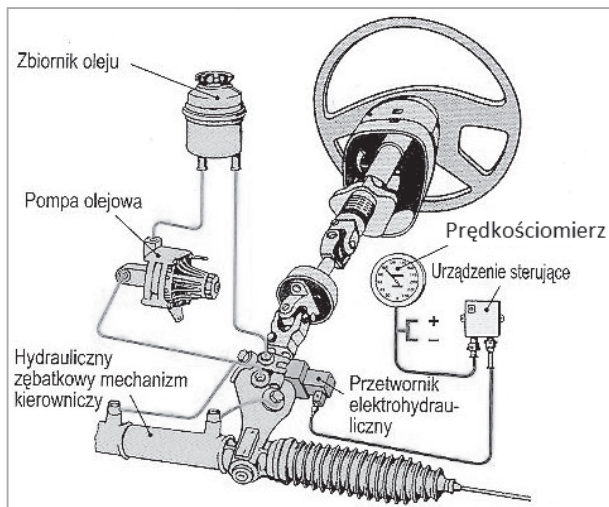
Rys. 5.24. Przekładnia pasowa

Silnik elektryczny połączony jest z trzpieniem napędowym przez przekładnię o przełożeniu ok. 1:150 składającą się z przekładni planetarnej i przekładni pasowej z paskiem zębatym.

Elektryczny hamulec postojowy współpracuje z układami ABS, ASR, ESP zamontowanymi w samochodzie. Przy wyłączonym silniku, po zatrzymaniu samochodu hamulec postojowy blokuje koła, a po uruchomieniu silnika samodzielnie zwalnia blokadę kół.

3.5.7. AKTYWNE UKŁADY KIEROWNICZE

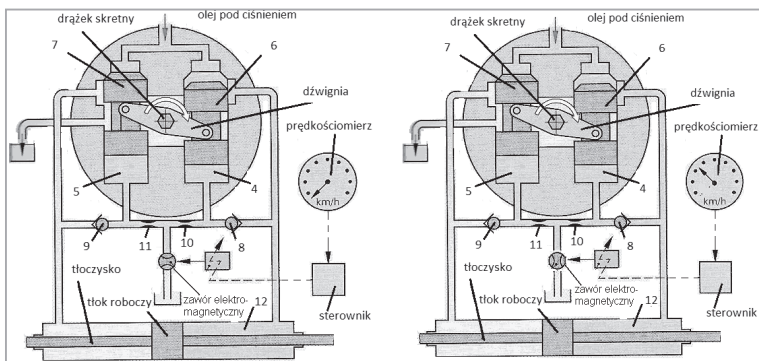
Wspomaganie układu kierowniczego stało się już standardem w samochodach osobowych. Obecnie układy te są wspierane przez sterowniki elektroniczne, które sterują siłą wspomagania uzależniając ją także od prędkości jazdy. Przy parkowaniu i małych prędkościach siła wspomagania powinna być duża, a przy większych zaś – mała, aby układ kierowniczy nie był zbyt czuły na mimowolne ruchy kierownicą, które mogłyby skutkować nieprzewidzianą zmianą toru jazdy.



Rys. 5.25. Servotronic – elektrohydrauliczne wspomaganie układu kierowniczego

Elementy wchodzące w skład układu wspomagania Servotronic:

- zbiornik oleju,
- pompa olejowa,
- hydrauliczny, zębatkowy mechanizm kierowniczy,
- przetwornik elektrohydrauliczny,
- urządzenie sterujące,
- prędkościomierz.



Rys. 5.26. Układ hydrauliczny Servotronic: prędkość $< 20 \text{ km/h}$ i prędkość $> 20 \text{ km/h}$

Zasada działania:

Przy prędkościach do 20 km/h zawór elektromagnetyczny jest zamknięty.

- Po obrocie kierownicy drążek skrętny przekładni kierowniczej powoduje obrót dźwigni zamocowanej na końcu drążka skrętnego i nacisk na tłok zaworu (6).

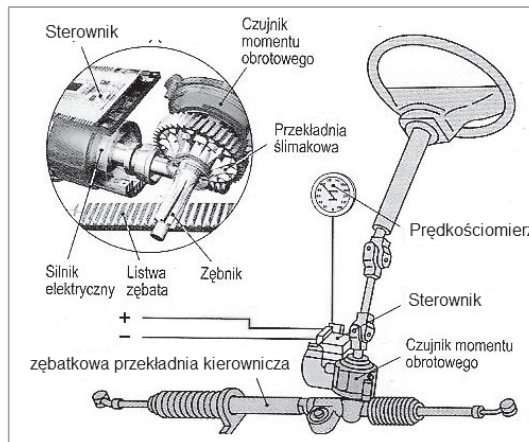
- Tłok (6) otwiera kanał i umożliwia dopływ oleju do komory roboczej (12), który działając pod ciśnieniem na tłok roboczy wspomaga siłą wywieraną przez kierowcę.
- Olej przepływa także przez zawór zwrotny (8) i wpływa do komór (4) i (5) pod tym samym ciśnieniem nie zmieniając siły nacisku na dźwignię drążka skrętnego.

Przy prędkościach powyżej 20 km/h zawór elektromagnetyczny jest otwierany sterowanym sygnałem uzależnionym od prędkości samochodu.

- Po obrocie kierownicy drążek skrętny przekładni kierowniczej powoduje obrót dźwigni zamocowanej na końcu drążka skrętnego i nacisk na tłok zaworu (6).
- Tłok (6) otwiera kanał i umożliwia dopływ oleju do komory roboczej (12), który działa pod ciśnieniem na tłok roboczy wspomagając siłą wywieraną przez kierowcę.
- Olej przepływa także przez zawór zwrotny (8) i zwężkę (10) – część oleju wypływa przez uchylony zawór elektromagnetyczny zmniejszając ciśnienie w układzie.
- Opory przepływu przez zwężkę (11) powodują, że ciśnienie oleju w komorze (5) jest mniejsze niż w komorze (4).
- Większe ciśnienie w komorze (4) przesuwa tłok (6) do góry, który naciskając na dźwignię przeciwstawia się ruchowi drążka skrętnego zmuszając kierowcę do zwiększenia siły potrzebnej do obrotu koła kierownicy.

Elementy wchodzące w skład układu wspomagania Servoelectric:

- prędkościomierz,
- czujnik momentu obrotowego,
- sterownik,
- silnik elektryczny,
- przekładnia ślimakowa,
- zębatkowa przekładnia kierownicza.



Rys. 5.27. Servoelectric – elektroniczne wspomaganie kierowania

Zasada działania:

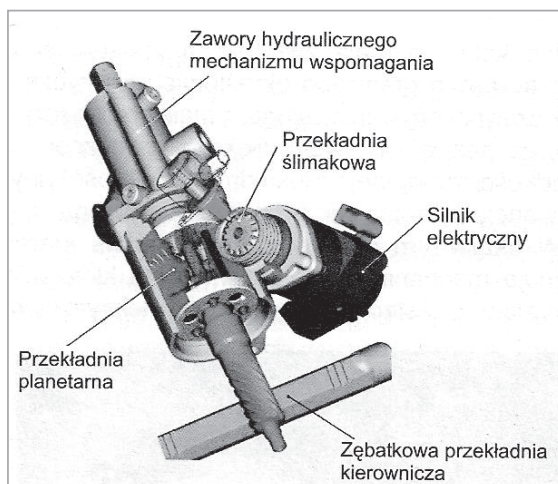
- drążek skrętny z czujnikiem momentu obrotowego rejestruje moment wywierany przez kierowcę na kierownicę i kierunek obrotu kierownicy,
- prędkościomierz przesyła sygnał o prędkości jazdy,
- sterownik na podstawie sygnałów z prędkościomierza i czujnika momentu obrotowego oblicza żądany moment obrotowy i kierunek obrotu i przesyła sygnał wyjściowy do silnika elektrycznego,
- silnik elektryczny przez przekładnię ślimakową przekazuje moment wspomagający na wał kierownicy.

Aktywny mechaniczny układ kierowniczy.

W aktywnym mechanicznym układzie kierowniczym istnieje możliwość zmiany przełożenia przekładni kierowniczej w zależności od prędkości jazdy. Przy małych prędkościach przełożenie jest małe, rzędu 1:10. Pozwala to na zwiększenie zwrotności pojazdu (przy mniejszym obrocie koła kierownicy uzyskujemy większy kąt skrętu kół niż w typowych przekładniach kierowniczych). Przy zwiększającej się prędkości pojazdu przełożenie wzrasta – np. przy prędkościach bliskich 200 km/h wynosi 1:18 – zmniejsza to czułość układu kierowniczego.

Układ składa się z:

- przekładni planetarnej,
- przekładni ślimakowej,
- silnika elektrycznego,
- zębatkowej przekładni kierowniczej,
- sterownika,
- czujnika prędkości,
- czujnika kąta skrętu koła kierownicy,
- czujnika kąta obrotu pojazdu,
- hydraulicznego układu wspomagania.



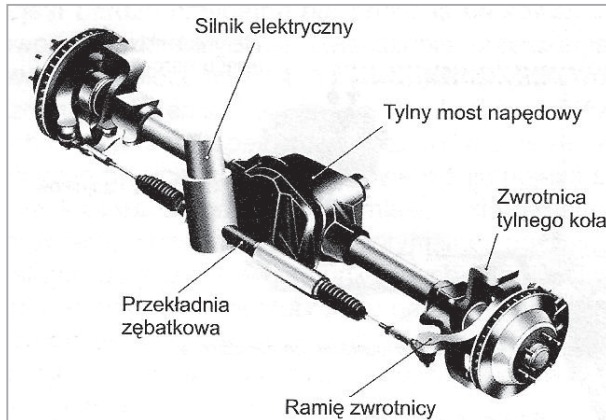
Rys. 5.28. Aktywny mechaniczny układ kierowniczy

Zasada działania:

- Sterownik otrzymuje sygnały z czujników prędkości i kąta skrętu koła kierownicy.
- Sterownik na podstawie spływających z czujników sygnałów wysyła sygnał uruchamiający silnik, który obraca przez przekładnię ślimakową obudowę przekładni planetarnej (koło koronowe przekładni planetarnej).
- Kąt skrętu wału kierownicy na wyjściu z przekładni kierowniczej jest sumą kątów skrętu koła kierownicy i przekładni planetarnej.
- Przy małych prędkościach jazdy silnik obraca obudowę przekładni planetarnej zgodnie z obrotem kierownicy.
- Przy większych prędkościach jazdy silnik obraca obudowę przekładni planetarnej przeciwnie do obrotów kierownicy.
- Obracając kołem kierownicy powodujemy obrót wału kierownicy i uruchomienie hydraulicznego wspomagania Servotronic.
- Przy współpracy z układem ASR i informacji z czujnika kąta obrotu pojazdu sterownik wysyła sygnał sterujący silnikiem i przez przekładnię ślimakową powoduje korektę ustawienia kół kierowanych.

Zintegrowany układ kierowniczy.

Współczesne układy kierownicze pozwalają także na sterowanie kołami tylnej osi: przy małych prędkościach skręcają kołami osi przedniej i tylnej w przeciwnych kierunkach zwiększając możliwości manewrowania samochodem; przy dużych prędkościach skręcają koła obu osi w tym samym kierunku pozwalając na płynną zmianę pasa ruchu.



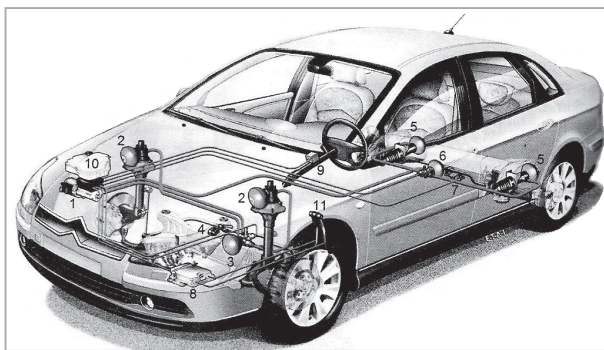
Rys. 5.29. Układ kierowniczy osi tylnej

Sterownik na podstawie informacji z czujników przesyła sygnał sterujący do silnika elektrycznego. Uruchomienie silnika powoduje przesunięcie listwy zębatej przekładni i obrót kół na zwrotnicach.

3.5.8. ZAWIESZENIA STEROWANE ELEKTRONICZNIE

Konstruktorzy projektujący samochody zastanawiali się często nad doбором zawieszenia do powstającego modelu pojazdu: czy zastosować komfortowe – miękkie zawieszenie, czy też zawieszenie twarde, charakteryzujące się lepszymi właściwościami jezdny. Rozwiązaniem tego dylematu jest zastosowanie pół-aktywnego lub aktywnego zawieszenia, w którym w czasie jazdy następuje zmiana charakterystyki tłumienia i sztywności zawieszenia poprawiając zarówno bezpieczeństwo w prowadzeniu pojazdu, jak i zapewniając duży komfort. Rozwiązania te coraz częściej są wprowadzane na rynek dzięki bardziej niezawodnym, szybciej działającym i tańszym urządzeniom elektronicznym sterującym pracą zawieszenia aktywnego.

Prekursorem prac nad tego typu zawieszeniem pojazdu była firma Citroen, która zawieszenia hydropneumatyczne wprowadziła do seryjnej produkcji w roku 1955 w modelu Ds., rozwijając tę konstrukcję w modelach BX, CX, XM, C5.



Rys. 5.30. Rozmieszczenie elementów aktywnego zawieszenia Citroen C5

1. sterujący blok elektrohydrauliczny
2. kolumny hydropneumatyczne przednich kół
3. regulator sztywności zawieszenia przedniej osi z przeponowym kulistym amortyzatorem ciśnienia
4. czujnik wysokości nadwozia przedniej osi
5. kolumny hydropneumatyczne tylnych kół
6. regulator sztywności zawieszenia tylnej osi z przeponowym kulistym amortyzatorem ciśnienia
7. czujnik wysokości nadwozia tylnej osi
8. moduł sterowania pracą silnika i funkcjami pomocniczymi
9. czujnik skrętu koła kierownicy
10. zbiornik oleju instalacji hydraulicznej
11. czujniki położenia pedałów przyspieszenia i hamulca

W aktywnym zawieszeniu hydropneumatycznym sterownik otrzymuje informację z czujników:

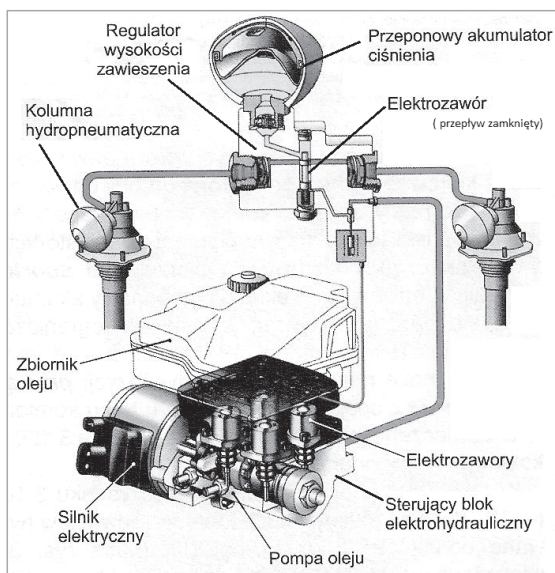
- prędkości jazdy,
- wysokości nadwozia,

- kąta i szybkości skrętu koła kierownicy,
- kąta i szybkości uchylenia przepustnicy,
- przyspieszeń wzdłużnych i poprzecznych,

dokonuje analizy tych sygnałów i dostosowuje automatycznie charakterystykę tłumienia i sztywności zawieszenia do stylu jazdy kierującego.

Regulator sztywności zawieszenia sterując przepływem oleju do kolumn hydropneumatycznych może realizować następujące funkcje:

- stabilizuje wzdłużne zmiany położenia nadwozia podczas hamowania i przyspieszania oraz jazdy po nierównościach,
- stabilizuje poprzeczne zmiany położenia nadwozia podczas pokonywania zakrętów,
- utrzymuje wybraną wysokość nadwozia niezależnie od obciążenia pojazdu,
- zmniejsza wysokość pojazdu przy jeździe po dobrej nawierzchni z dużymi prędkościami,
- zwiększa wysokość nadwozia przy jeździe po nierównej nawierzchni.

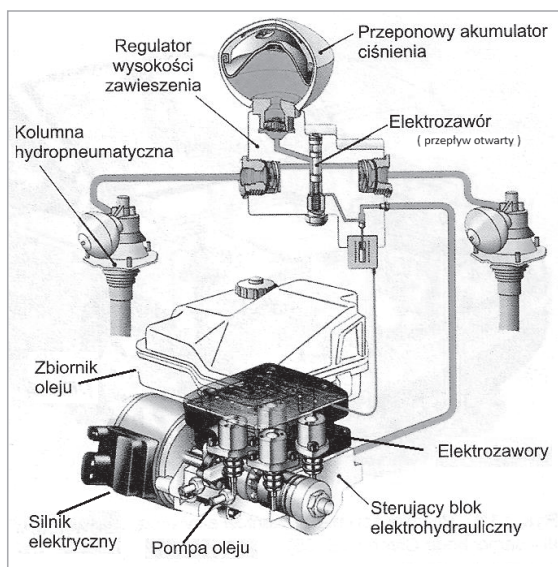


Rys. 5.31. Regulator sztywności zawieszenia – wybrany program sport

Zasada działania regulatora sztywności zawieszenia z dodatkowym kulestym przeponowym akumulatorem ciśnienia – wybrany program sport:

Przy wybranym programie jazdy „sport” przeponowy akumulator ciśnienia jest odłączony od układu resorowania osi przedniej i tylnej, a położenie elektrozaworu zapobiega przepływowi oleju z jednej kolumny hydropneumatycznej do drugiej. Położenie to powoduje utwardzenie zawieszenia, co zmniejsza przechyły nadwozia i pozwala stabilnie prowadzić pojazd. Kierowca może sam wybrać program jazdy lub, w wyniku informacji z czujników pojazdu, sterownik zmieni program z jazdy „komfort” na „sport”. Sygnałem do zmiany może być informacja z czujnika kąta

skręcenia koła kierownicy – obie osie pojazdu zostaną utwardzone. Przy przyspieszeniu sygnałem będzie informacja z czujnika kąta i szybkości otwarcia przepustnicy – utwardzona zostanie tylna oś pojazdu, a przy hamowaniu – przednia oś pojazdu.

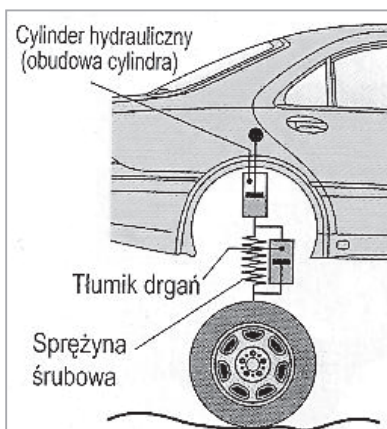


Rys. 5.32. Regulator sztywności zawieszenia - wybrany program komfort

Zasada działania regulatora sztywności zawieszenia z dodatkowym kulistym przeponowym akumulatorem ciśnienia – wybrany program komfort:

Przy wybranym programie „komfort” kolumny hydropneumatyczne zostają połączone z przeponowym akumulatorem ciśnienia – dodatkowy element resorujący powoduje, że resorowanie staje się miękkie – komfortowe.

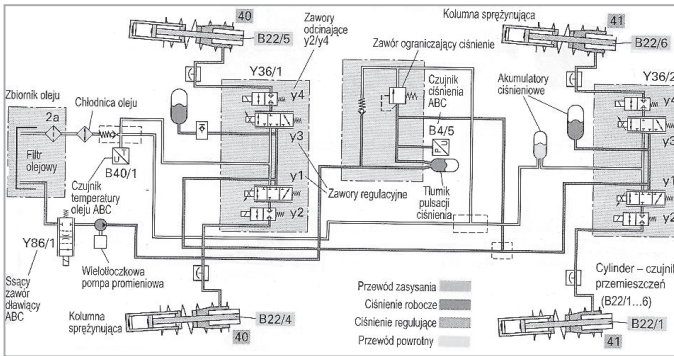
Aktywny system zawieszenia ABC



System ABC to komputerowo sterowane kolumny resorujące z siłownikami nurnikowymi niemal całkowicie eliminujące ruchy pochyłeń wzdłużnych, przechyłów bocznych oraz ruchy pionowe nadwozia. Sygnały z czujników mierzących przyspieszenie poprzeczne, pionowe i wzdłużne, poziome, a także z czujników ciśnienia na poszczególnych kolumnach resorujących są analizowane przez sterownik. Wysyłane sygnały sterują elektrozaworami powodując zwiększenie lub zmniejszenie ciśnienia oleju w siłownikach.

Rys. 5.33. Zawieszenie ABC

Aktywny system zawieszenia ABC w ułamku sekundy reaguje na rozpoczynające się ruchy nadwozia. W blokach zaworowych umieszczone są zawory odcinające (y2) i (y4), które zapobiegają opadaniu nadwozia na postoju.



Rys. 5.34. Schemat połączeń hydraulicznych zawieszenia ABC

Zasada działania:

Czujniki przesmyków obudów cylindrów (B22) rejestrują przechyły nadwozia i przekazują informację do sterownika, który przełącza zawory regulacyjne (y1) i (y3) łącząc siłowniki z przewodem zasilającym lub przewodem odpływowym tak długo, aż nadwozie wróci do położenia poziomego.

Przykładowo: jeżeli pojazd pokonuje zakręt w lewo, siłowniki (40) i (41) bardziej obciążone, leżące po zewnętrznej zakrętu są zasilane olejem pod ciśnieniem roboczym po przesunięciu elektrozaworu (y3) i połączeniu siłownika z przewodem zasilającym, natomiast elektrozawór (y1) łączy siłowniki (40) i (41) odciążone, leżące po wewnętrznej stronie zakrętu z przewodem odpływowym; ruch siłowników powoduje wypoziomowanie nadwozia.

Podczas hamowania czujniki obudów (B22) wykrywają ruch nurkujący pojazdu, sterownik przesyła sygnał do przesunięcia elektrozaworów (y1) i (y3) przedniej osi i połączenia przewodów zasilających z siłownikiem (40) powodując wysunięcie siłowników, a elektrozawory (y1) i (y3) tylnej osi po przesunięciu łączą siłowniki (41) z przewodem odpływowym powodując ruch powrotny siłownika.

Podobnie wygląda działanie przy przyspieszaniu: siłowniki tylnej osi (41) są zasilane olejem pod ciśnieniem roboczym, a siłowniki (40) przedniej osi są połączone z przewodem odpływowym.

Zasilanie siłowników olejem jednej osi i odpływ oleju z siłowników drugiej osi trwa do momentu wypoziomowania nadwozia.

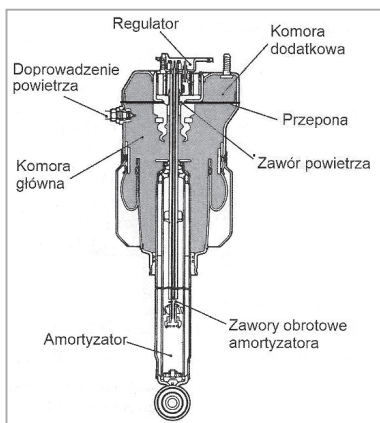
Ustawienie poziomu nadwozia uzyskiwane jest przez tłoczenie do układu przez wielotłoczkową pompę promieniową oleju pod ciśnieniem, sterowanym przez zawór regulacyjny. Informację o położeniu nadwozia otrzymujemy z czujników poziomu zawieszenia.

Aktywne zawieszenia pneumatyczne

Elektroniczne sterowanie zawieszenia umożliwia w pneumatycznym aktywnym zawieszeniu regulować sztywność i siłę tłumiącą.

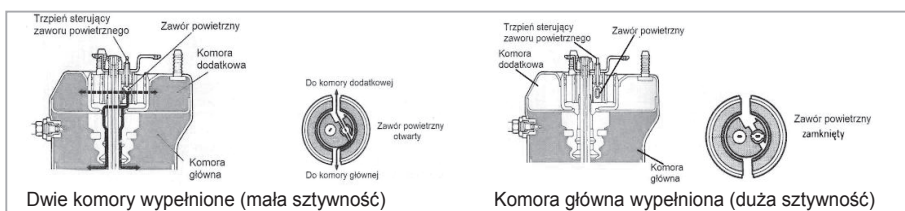
Zaletą aktywnego zawieszenia pneumatycznego zawieszenia jest:

- wzrost komfortu jazdy,
- utrzymanie wysokości nadwozia niezależnie od obciążenia pojazdu,
- wzrost bezpieczeństwa.



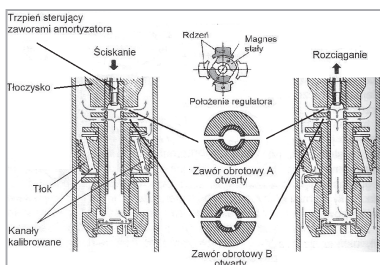
Pneumatyczna kolumna sprężysto-tłumiąca składa się z miecha powietrznego, w skład którego wchodzi komora główna i komora dodatkowa. Są one rozdzielone przeponą. Ciśnienie powietrza w komorach jest ustawiane przez regulator umieszczony w górnej części kolumny – steruje on obrotowym zaworem powietrza dopuszczając je do komory głównej ustawiając zarazem twardą charakterystykę sztywności zawieszenia lub dopuszczając powietrze do komory głównej i dodatkowej – zwiększona objętość miecha powoduje ustawienie charakterystyki miękkiej zawieszenia.

Rys. 5.35. Pneumatyczna kolumna sprężysto-tłumiąca



Rys. 5.36. Działanie zaworu pneumatycznego

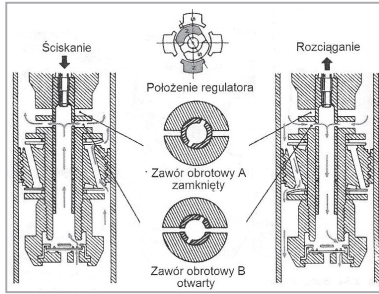
Amortyzator umieszczony w kolumnie sprężysto-tłumiącej jest nastawiany regulatorem przez obrót trzpienia sterującego na trzy rodzaje tłumienia:



- **ustawienie słabego tłumienia:**

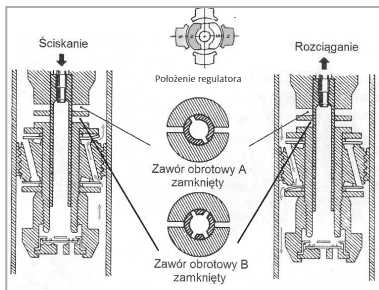
olej w amortyzatorze przepływa na drugą stronę tłoka przez kanały kalibrowane oraz oba otwarte zawory obrotowe;

Rys. 5.37. Położenie zaworów amortyzatora – słabe tłumienie



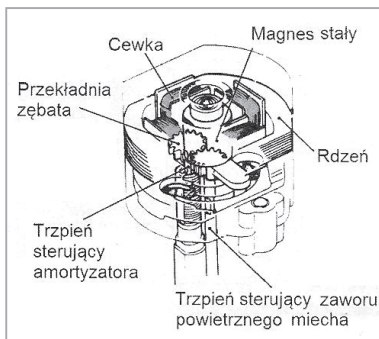
Rys. 5.38. Położenie zaworów amortyzatora – średnie tłumienie

- **ustawienie średniego tłumienia:**
olej w amortyzatorze przepływa na drugą stronę tłoka przez kanały kalibrowane i jeden otwarty zawór obrotowy (B);



Rys. 5.39. Położenie zaworów amortyzatora – silne tłumienie

- **ustawienie silnego tłumienia:**
olej w amortyzatorze przepływa na drugą stronę tłoka przez otwory kalibrowane, oba zawory obrotowe są zamknięte (A, B).



Rys. 5.40. Zawór elektromagnetyczny regulatora kolumny pneumatycznej zawieszenia aktywnego

- Przepływ prądu przez cewki znajdujące się w zaworze powoduje obrót magnesu stałego i obrót trzpienia sterującego zaworami obrotowymi amortyzatora i przy pomocy przekładni zębatej obraca trzpieniem sterującym zaworem powietrznym miecha ustawiając sztywność zawieszenia i siłę tłumienia.

Zaworem elektromagnetycznym steruje sterownik zawieszenia, który na podstawie informacji z czujników:

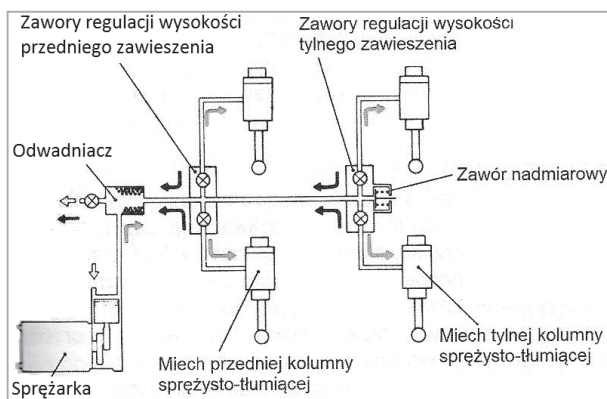
- prędkości pojazdu,
- obrotu koła kierownicy,
- włącznika światła „stop”,
- kąta uchylenia przepustnicy,
- wysokości zawieszenia,

wysyła sygnał do zaworu regulacyjnego, który ustawia sztywność zawieszenia i siłę tłumienia.

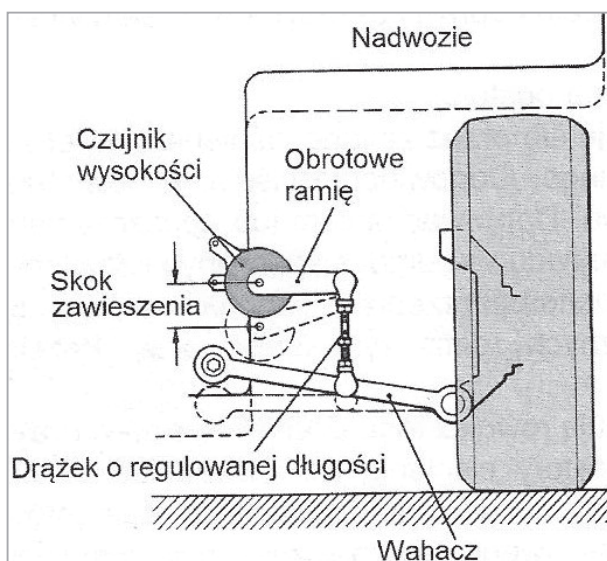
Dzięki sterowaniu elektronicznemu możemy uzyskać zmniejszenie przechyłu nadwozia w trakcie hamowania, przyspieszania, jeździe na zakrętach – ustawiana jest silna charakterystyka tłumienia i twarda sztywność zawieszenia. Sterownik ustala i zmienia położenie nadwozia w zależności od prędkości jazdy, rodzaju nawierzchni i stylu jazdy kierującego.

Zmiana wysokości zawieszenia realizowana jest przez zmianę ciśnienia w komorze głównej miecha.

Po informacji o położeniu koła z czujnika wysokości sterownik wysyła sygnał sterujący do zaworów regulujących wysokość zawieszenia.



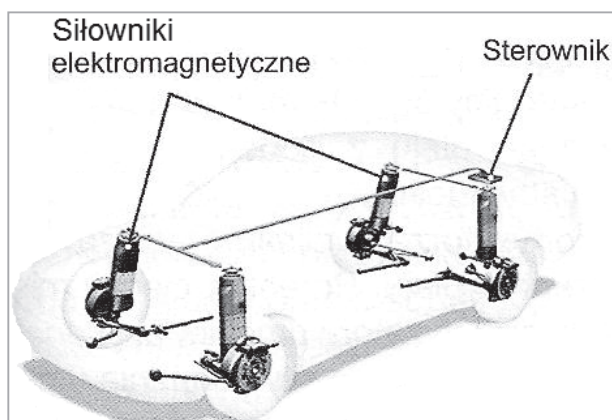
Rys. 5.41. Schemat instalacji powietrznej



Rys. 5.42. Działanie czujnika wysokości

Aktywne zawieszenia elektromagnetyczne

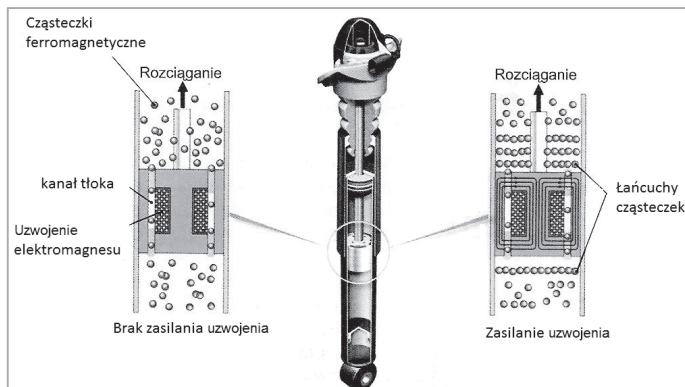
Nowym rozwiązaniem zawieszenia, który opracowała Politechnika w Eindhoven (TU/e) w Holandii we współpracy z firmą SKF ze Szwecji jest zawieszenie elektromagnetyczne. Kolumna zawieszenia koła składa się z siłownika elektromagnetycznego. W zależności od kierunku prądu przepływającego przez uzwojenie następuje zmiana kierunku przesuwania się rdzenia wewnątrz kolumny. Sterownik zawieszenia w sposób ciągły analizuje sygnały z czujników drgań i położenia nadwozia i wysyła sygnał sterujący działaniem siłowników elektromagnetycznych, które regulują ustawienie kół – np. wysunięcie koła przy wjechaniu w zagłębienie. Siłowniki pracują też jak prądnice pełniąc rolę tłumiącą. Praca tego typu zawieszenia jest szybka, co pozwala na komfortową i bezpieczną jazdę.



Rys. 5.43. Zawieszenie elektromagnetyczne

Elektroniczna regulacja tłumienia zawieszenia (amortyzatorów)

Amortyzatory magneto-reologiczne opracowała firma Delhi (MagneRide). Po raz pierwszy zastosowano ten typ amortyzatorów w Cadillaku Seville STS w roku 2002 r. W amortyzatorze został zastosowany płyn magneto-reologiczny, który zmienia swój opór hydrauliczny pod wpływem zmiany pola magnetycznego. Płyn magneto-reologiczny jest zawiesiną podatnych na działanie pola magnetycznego ferromagnetycznych cząstek (żelaza) o średnicy 3-10 mikronów w oleju syntetycznym. W tym amortyzatorze nie stosuje się zaworów tłumiących – siła przepływu płynu magneto-reologicznego jest regulowana przez zmienne pole magnetyczne powstające w uzwojeniu elektromagnetycznym umieszczonym w tłoku amortyzatora.



Rys. 5.43. Zasada tłumienia w amortyzatorze magneto-reologicznym

Zasada działania:

Przy braku zasilania uzwojenia w amortyzatorze występuje niewielka siła tłumienia podczas przepływu płynu magneto-reologicznego przez kanały umieszczone w tłoku. Cząsteczki ferromagnetyczne są rozproszone w oleju i bez większych oporów przepływają przez kanały.

Podczas zasilania uzwojenia prądem powstaje wokół niej pole magnetyczne, które powoduje ustawienie cząstek ferromagnetycznych wzdłuż linii pola magnetycznego – łańcuchy cząstek ferromagnetycznych ustawione są poprzecznie do osi kanałów. Podczas ruchu tłoka cząsteczki są wyrwane z uporządkowanego łańcucha i przepychane przez kanały co powoduje zwiększanie oporów przepływu.

Sterownik układu na podstawie informacji dostarczanych z czujników określa chwilowy prądysterowania cewki w każdym amortyzatorze. Zmiana natężenia prądu przepływającego przez uzwojenie powoduje zmianę pola magnetycznego. Siła tłumienia może być regulowana do tysiąca razy w ciągu sekundy.

Czujniki występujące w układzie:

- wysokości nadwozia,
- włącznika świateł stop,
- prędkości jazdy,
- kąta i szybkości otwarcia przepustnicy,
- kąta skrętu i szybkości obrotu kierownicy,
- przyspieszenia poprzecznego nadwozia,
- kąta obrotu pojazdu wokół osi pionowej,
- ciśnienia płynu hamulcowego,
- temperatury amortyzatora.

Kierowca może również wybrać przełącznikiem sposób amortyzacji pojazdu: sportowy, komfortowy.

Literatura:

1. dr hab. J. Potrykus, Poradnik techniki samochodowej, REA
2. Podwozia i nadwozia pojazdów samochodowych, REA
3. M. Gabryelewicz, Podwozia i nadwozia pojazdów samochodowych, WKŁ
4. Technika motoryzacyjna Bosch, Magazyn
5. Materiały szkoleniowe Toyota Motor Poland
6. K. J. Berger, Budowa Pojazdów, REA

3.6. STEROWANIE ELEKTRONICZNE W SAMOCHODOWYCH UKŁADACH BEZPIECZEŃSTWA

3.6.1. ZAGADNIENIA WSTĘPNE

Dynamiczny rozwój motoryzacji oraz wzrost konkurencyjności korzystnie wpływa na sferę podniesienia bezpieczeństwa w samochodach. Poniesione nakłady owocują nowymi rozwiązaniami wszechstronnie zwiększającymi poziom bezpieczeństwa. Zwiększenie niezawodności i precyzji czujników i elementów wykonawczych oraz rozwój oprogramowania umożliwiają stosowanie ich w systemach bezpośredniego sterowania określonymi systemami pojazdu w sytuacjach występowania zagrożeń w ruchu drogowym. Współczesne układy bezpieczeństwa już nie tylko ratują życie czy zdrowie podczas wypadku drogowego, ale także coraz częściej pozwalają tego wypadku uniknąć. Wieloletnie prace nad sposobami poprawy bezpieczeństwa wyodrębniły trzy główne kategorie rozwiązań popularnie nazywanych bezpieczeństwem biernym, czynnym i prewencyjnym. Bezpieczeństwo czynne obejmuje wszelkie działania, których celem jest ograniczenie do minimum prawdopodobieństwa wystąpienia kolizji lub wypadku drogowego. Zwiększenie bezpieczeństwa czynnego w samochodzie odbywa się przez wprowadzenie elektronicznego sterowania układu hamulcowego i mechanizmów napędowych, jak np. układ zapobiegający blokowaniu kół podczas hamowania czy układ regulacji siły napędowej. Termin bezpieczeństwo prewencyjne odnosi się do tych elementów wnętrza samochodu, które mają wpływ na warunki jazdy i mogą zapobiegać przedwczesnemu zmęczeniu kierowcy, a tym samym zmniejszać prawdopodobieństwo wystąpienia wypadku. W pojęciu tym mieszczą się zagadnienia związane z ergonomią, komfortem, widocznością oraz przewietrzaniem i klimatyzacją wnętrza. Natomiast systemy bezpieczeństwa biernego mają za zadanie ograniczyć skutki zdarzenia już zaistniałego.

Rozwijające się od lat 70. ubiegłego wieku systemy ochrony kierowcy i pasażerów doczekały się wielu rozwiązań i typów. Różnią się one między sobą zależnie od producenta i generacji zarówno stopniem rozbudowania, jak i zaawansowaniem technologicznym. Z tego też powodu nie sposób opisać wszystkich konfiguracji i systemów stosowanych przez producentów. Na potrzeby niniejszej publikacji wymienione i opisane zostaną tylko wybrane rozwiązania, zaczerpnięte z konstrukcji marek powszechnie uznawanych za symbol bezpieczeństwa w motoryzacji. Do podstawowych, a zarazem najważniejszych elementów rozwiązań poprawiających bezpieczeństwo należą pasy bezpieczeństwa oraz poduszki gazowe, których działanie jest zintegrowane w jeden układ SRS (ang. Supplemental Restraint System – uzupełnienie systemu bezpieczeństwa). Uzupełnienie, gdyż wiodącą rolę wciąż pełnią pasy bezpieczeństwa, które są podstawowym i najważniejszym elementem tego systemu. Ich zapięcie lub nie decyduje o tym, czy system w ogóle zadziała, a jeśli tak, to w ja-

kim stopniu spełni swoją rolę. Głównym zadaniem systemu bezpieczeństwa SRS jest ograniczenie potencjalnych obrażeń kierowcy i pasażerów w wyniku różnego rodzaju wypadków. System SRS składa się z zespołu czujników przyspieszenia rozmieszczonych w nadwoziu, czujnika centralnego zintegrowanego z modułem sterującym oraz czujników dodatkowych – jak czujnik zapięcia pasów, czujnik pozycji fotela czy czujnik zajęcia lub obciążenia przedniego fotela pasażera.

Elementami wykonawczymi systemu są napełniacze poduszek i kurtyn bocznych oraz napinacze pasów bezpieczeństwa. Funkcję nadzorującą pełni moduł sterujący, zintegrowany z centralnym czujnikiem przyspieszenia, oraz lampka kontrolna systemu SRS umieszczona w desce rozdzielczej. Moduł sterujący SRS, opierając się na danych zebranych z czujników, decyduje, które elementy systemu ma uruchomić. W zależności od sytuacji moduł sterujący uruchamia:

- przednie poduszki gazowe
- boczne poduszki gazowe
- kurtyny boczne
- napinacze pasów

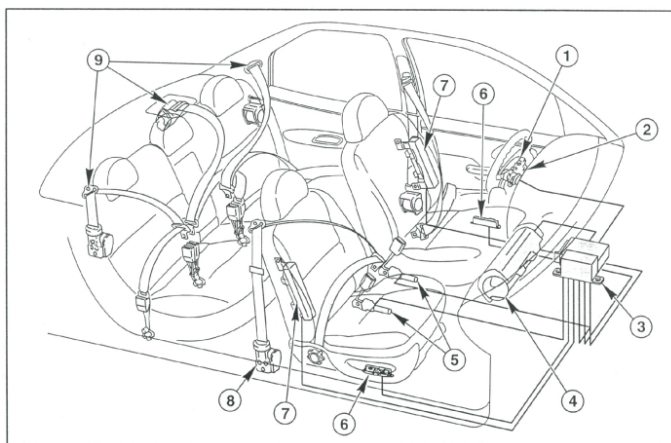
Gdy moduł sterujący rozpozna zderzenie, które wymaga uruchomienia systemu, wyzwala jego odpowiednie elementy. Zależnie od kierunku i siły uderzenia uruchamiane są tylko te poduszki, które są niezbędne w danej chwili. Ponadto sterownik SRS informuje o zderzeniu inne sterowniki samochodu. Informacja ta wykorzystywana jest m.in. do wyłączenia dopływu paliwa do silnika. Jeżeli samochód ma odłącznik akumulatora, jest on uruchamiany wraz z wyzwoleniem poduszek gazowych.

Integralnym elementem systemu bezpieczeństwa samochodu są pasy bezpieczeństwa. Początkowo były to trzypunktowe pasy statyczne, wymagające regulacji użytkownika, które jednak przytrzymywały tułów, zapobiegając przemieszczaniu się do przodu. Zdecydowanym uproszczeniem użytkownika, które wpłynęło na upowszechnienie się pasów bezpieczeństwa, było wprowadzenie samoczynnie regulujących się pasów, zwanych pasami bezwładnościowymi. Takie rozwiązanie sprawia, że pas jest zawsze dopasowany do ciała siedzącej osoby. Kolejna modyfikacja, polegająca na wprowadzeniu regulowanej wysokości pasa, umożliwiła takie ustawienie górnego punktu mocowania do nadwozia, by pas zawsze pasował do rozmiarów ciała. Następnym etapem dopasowania pasa do sylwetki użytkownika było wprowadzenie napinacza pasa bezpieczeństwa. Zwija on w razie zderzenia luźny odcinek pasa, zapewniając dokładne przyleganie do ciała. Specjalne zaszywki lub pętle pasa pełnią funkcję ogranicznika siły napięcia pasa. Istotne uzupełnienie systemu bezpieczeństwa stanowią zagłówki. Chronią one odcinek szyjny kręgosłupa przed skutkami przeciążeń spowodowanych wypadkiem.

Poduszki gazowe, aby dobrze spełniać swoją rolę, posiadają różne, odpowiednio dostosowane do danego samochodu, pojemności oraz określony przebieg wzrostu ciśnienia, zależnie od ich miejsca zamontowania, wykonania, a nawet rodzaju samochodu. Poduszki znajdujące się przed kierowcą oraz przednim pasażerem napełniane są poprzez układy pirotechniczne, takie jak specjalne wytwornice gazu, które w przypadku wykrycia – przez czujniki – uczestniczenia samochodu w zderzeniu

czołowym rozpoczynają swoje działanie. W celu zapewnienia optymalnej ochrony poduszka powietrzna powinna być odpowiednio napełniona zanim ciało pasażera zetknie się z nią. Zanim dojdzie do uderzenia górnej części ciała pasażera bądź kierowcy w elementy pojazdu, poduszka częściowo się opróżnia (dzięki czemu nie powoduje dodatkowych urazów wynikających ze zderzenia z poduszką o nadmiernej twardości), a energia, którą niesie za sobą uderzenie ciała pasażera jest łagodnie pochłaniana z naciskiem rozłożonym na całą powierzchnię poduszki powietrznej. Coraz powszechniejsze stają też poduszki o regulowanym stopniu napełnienia. Zróżnicowanie uzyskuje się przez zastosowanie pirotechnicznych ładunków dwustopniowych lub instalowanie dwóch ładunków inicjowanych w zależności od siły zderzenia. Regulowany jest także czas pomiędzy ich aktywowaniem. Obecnie prace udoskonalające systemy bezpieczeństwa koncentrują się na modyfikacji przebiegu wyzwalania i napełniania poduszek, by jak najskuteczniej ograniczyć ryzyko powstania urazów ciała.

Typowy układ, składający się ze sterownika systemu, czujników, poduszek gazowych i napinaczy pasów bezpieczeństwa, przedstawia poniższy schemat.



Rys. 6.1. Typowy system gazowych poduszek bezpieczeństwa

- | | |
|---------------------------------------|-----------------------------------|
| 1 – poduszka kierowcy, | 2 – lampka kontrolna systemu SRS, |
| 3 – moduł sterujący systemem, | 4 – poduszka pasażera, |
| 5 – napinacze pasów bezpieczeństwa, | 6 – czujniki uderzeń bocznych, |
| 7 – poduszki boczne, | 8 – zwijacz pasa bezpieczeństwa, |
| 9 – trzypunktowe pasy bezpieczeństwa. | |

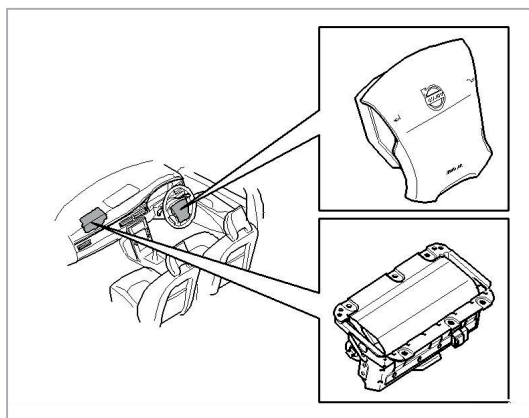
3.6.2. PODUSZKI GAZOWE

Poduszka gazowa to specjalnie ukształtowany worek napełniany automatycznie gazem, najczęściej azotem pochodzącym z aktywowanej pirotechnicznie

wytwornicy gazu. Stanowi ona element amortyzujący wprowadzony pomiędzy elementami wyposażenia pojazdu a zagrożoną częścią ciała.

3.6.2.1. PRZEDNIE PODUSZKI GAZOWE

Zadaniem przednich poduszek gazowych jest zminimalizowanie skutków zderzenia czołowego, poprzez ochronę głowy i klatki piersiowej kierowcy i pasażera. Moment napełnienia jest tak dobrany, aby kierowca uderzył w poduszkę bezpośrednio po jej napełnieniu i działając siłą bezwładności wypchnął gaz na zewnątrz poduszki. Nowoczesne systemy umożliwiają zróżnicowanie stopnia napełnienia poduszek w zależności od rozpoznanego zagrożenia wynikającego z prędkości poruszania się pojazdu, siły uderzenia oraz zapięcia pasa. Sposób działania dwustopniowych poduszek gazowych przedstawię na przykładzie rozwiązania zastosowanego w samochodzie Volvo S 80.



Rys. 6.2. Przednie poduszki gazowe. Volvo S 80.

W prezentowanym modelu zastosowano dwustopniową poduszkę kierowcy i dwustopniową poduszkę pasażera fotela przedniego.

Stopień 1. poduszki kierowcy.

W tej fazie działania poduszka napełnia się częściowo.

W przypadku aktywacji powstałe gazy są kierowane do wypełnienia poduszki.

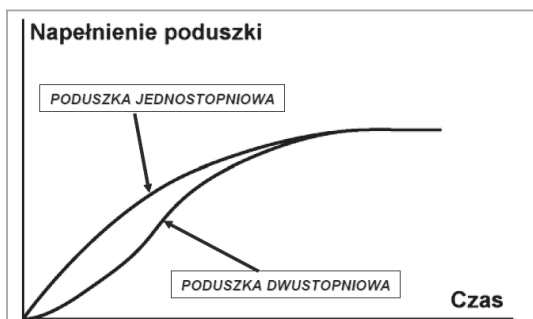
Stopień 1. poduszki pasażera stanowi połączenie ładunku pirotechnicznego z gazem zgromadzonym w pojemniku. Po aktywacji ładunek pirotechniczny spala się, a produkty spalania mieszają ze zgromadzonym gazem. Mieszanina gazów wypełnia poduszkę.

Stopień 2.

Stopień 2. zarówno poduszki kierowcy, jak i pasażera napełniane są pirotechniczne.

W przypadku aktywacji ładunek spala się, a powstałe gazy są kierowane do wypełnienia poduszki. Zwłoka aktywacji 2-go stopnia poduszki zależy od typu kolizji i tego, czy były zapięte pasy. W przypadku lżejszych uderzeń, zwłoka między odpaleniem pierwszego i drugiego stopnia jest duża, co powoduje, że wypełnio-

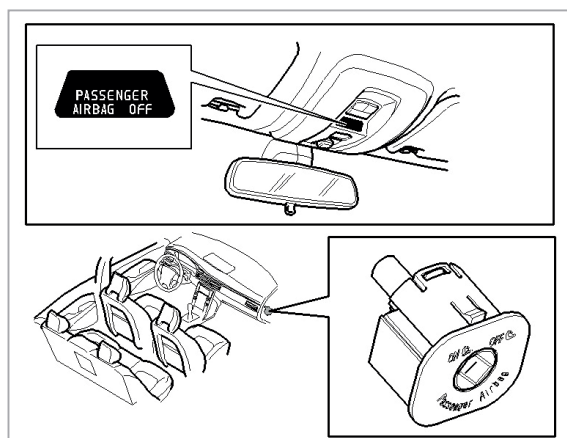
na poduszka jest bardziej miękka. W przypadku silniejszych uderzeń czas zwłoki między odpaleniem obu stopni jest krótszy, co czyni poduszkę twardszą. Należy pamiętać, że po rozpoznaniu zdarzenia do aktywacji obu stopni dochodzi zawsze.



Rys. 6.3. Porównanie przebiegu napełniania poduszki jedno- i dwustopniowej.

3.6.2.2. PRZEŁĄCZNIK ODŁĄCZANIA PODUSZKI PASAŻERA PACOS (PASSENGER AIRBAG CUT-OFF SWITCH)

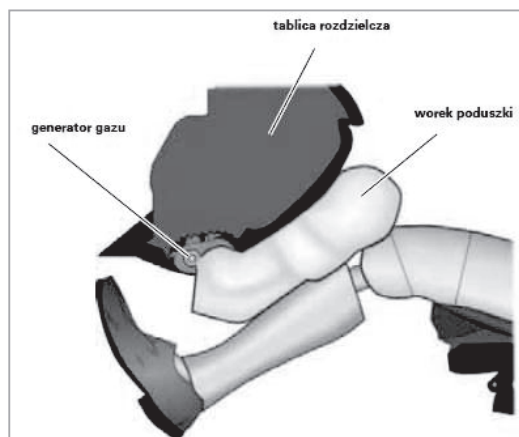
Jest to przełącznik do odłączania poduszki pasażera. Przełącznik umieszczony jest z boku deski rozdzielczej po stronie pasażera. Dostęp do przełącznika jest możliwy tylko przy otwartych przednich drzwiach. Do zmiany położenia przełącznika służy mechaniczny kluczyk mieszczący się w pilocie zamka centralnego. Gdy przełącznik jest w położeniu „OFF”, oba stopnie zadziaływania poduszki są nieaktywne i zapala się lampka ostrzegawcza odłączenia poduszki pasażera. Lampka ostrzegawcza umieszczona jest na konsoli dachowej i podłączona jest bezpośrednio do modułu sterującego SRS. Położenie przełącznika określone jest dwoma czujnikami Halla. Każdy z czujników Halla dołączony jest oddzielnie do modułu sterującego SRS. Sygnał podawany przez czujniki Halla mają dwa poziomy prądu, w zależności od położenia przełącznika.



Rys. 6.4. Przełącznik odłączania poduszki pasażera. Volvo S80.

3.6.2.3. PRZEDNIA PODUSZKA OCHRONY KOLAN

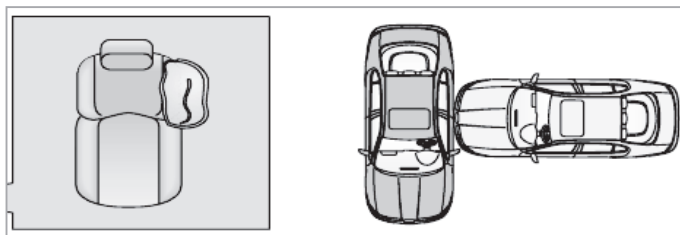
Jako uzupełnienie poduszek przednich niektóre modele samochodów mogą być wyposażone w poduszki ochrony kolan. Po stronie kierowcy poduszka ochrony kolan znajduje się w okładzinie pod tablicą rozdzielczą. Po stronie pasażera jest ona zamontowana za schowkiem. Ważną rolą poduszki kolanowej jest ustalenie bioder kierowcy lub pasażera w czasie zderzenia, przez co w sposób pośredni poduszka chroni cały tułów.



Rys. 6.5. Przykład ochrony kolan.

3.6.3. PODUSZKA BOCZNA

Boczna poduszka gazowa jest poduszką chroniącą w przypadku zderzenia bocznego. Jej zadaniem jest ochrona bioder, klatki piersiowej i górnych części ciała. Najczęściej umieszczone są w bocznych częściach oparcia foteli, pod poszyciem tapicerskim. Ze względu na bardzo małą strefę zgniotu wynikającą z niewielkiej odległości pomiędzy tułowiem a bocznymi ścianami nadwozia, czas wypełniania jest znacznie krótszy niż poduszek czołowych. W przypadku dosyć silnego bocznego uderzenia, czas pomiędzy wykryciem zderzenia a uruchomieniem bocznych poduszek powietrznych, które są napełniane wzdłuż krawędzi drzwi lub dachu, nie powinien wynosić więcej niż 3ms.



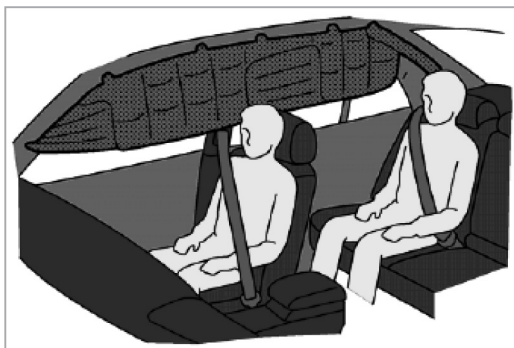
Rys. 6.6. Boczna poduszka gazowa

3.6.4. KURTYNA GAZOWA

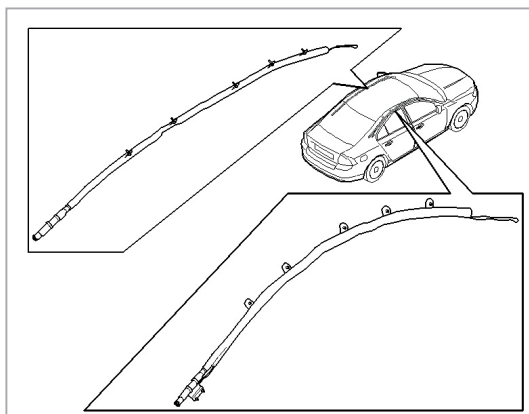
Kurtyna gazowa to dodatkowa poduszka bezpieczeństwa wyzwalana z krawędzi dachu samochodu. Jej działanie zmniejsza ryzyko obrażeń głowy pasażerów siedzących z przodu i tyłu pojazdu w wyniku zderzenia bocznego, dachowania, jak również w przypadku różnych typów uderzeń.

Zadaniem kurtyny jest ochrona pasażerów przed:

- uderzeniem ich głów o elementy wnętrza nadwozia,
- uderzeniem ich głów o elementy przeszkody zewnętrznej, z którymi chroniony pojazd wszedł w kolizję, np. słup,
- wysunięciem głów poza boczne szyby.



Rys. 6.6. Kurtyna chroniąca pasażerów siedzeń przednich i tylnych.



Rys. 6.7. Umiejscowienie kurtyń bezpieczeństwa. Volvo S80

W skład systemu wchodzi dwie kurtyny, umieszczone w narożu dachu po obu stronach samochodu i chroniące wnętrze od słupka A do słupka C. Kurtyna opada w dół i osiąga pełną objętość w czasie 25 ms. Całkowicie napełniona kurtyna uzyskuje ok. 70 mm grubości, a dzięki systemowi mikrokanalików wylotu gazu, opróżnia się powoli i utrzymuje funkcję ochrony przez ok. 3 s. Tak długi czas pozwala

na ochronę podczas wielokrotnej kolizji lub przewracania pojazdu. Skuteczność działania kurtyny, która może pochłonąć do 75% energii powstałej w wyniku zderzenia, sprawia, że stanowi ona jedną z najlepszych metod ochrony.

Decyzję o uruchomieniu poduszek bocznych i kurtyny podejmuje moduł SRS na podstawie sygnałów czujników własnych, jak i czujników przyspieszenia znajdujących się w słupkach B i C. Podstawowym parametrem jest wartość przyspieszenia oraz miejsce uderzenia. Na przykład w rozwiązaniu zastosowanym w przytaczanym już modelu Volvo S80 warunkiem uruchomienia kurtyny jest zderzenie pod kątem 90° przy prędkości powyżej 25 km/h.

3.6.5. PODUSZKA PASA BEZPIECZEŃSTWA

Poduszki gazowe umieszczone w kapsule pasa bezpieczeństwa amortyzują skutki zderzenia czołowego u pasażera siedzącego na tylnej kanapie. W momencie zderzenia pas wypełnia się gazem, który zwiększa jego objętość. Rozwiązanie to charakteryzuje się nieco krótszym czasem napełniania poduszki, który wynosi 40 ms. Taka poduszka pomaga ustawić ciało w odpowiedniej pozycji w momencie wypadku oraz lepiej chroni klatkę piersiową.



Rys. 6.8. Działanie poduszki pasa bezpieczeństwa

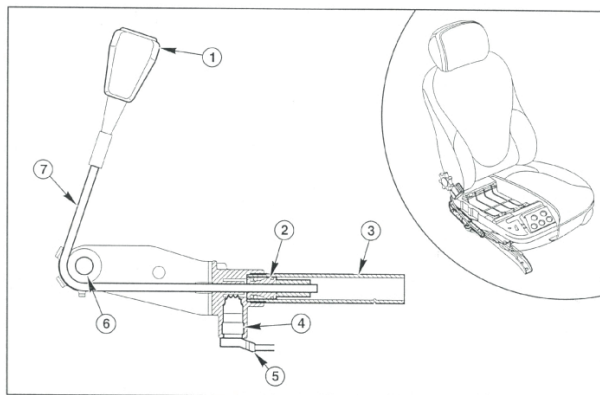
3.6.6. NAPINACZE PASÓW

Integralnym elementem systemu SRS są skuteczne pasy bezpieczeństwa. Zawsze należy pamiętać, że pasy bezpieczeństwa są podstawowym i najważniejszym elementem systemu bezpieczeństwa. Inne systemy co prawda zwiększają bezpieczeństwo, jednak pod warunkiem prawidłowego zapięcia pasów. Ich mechaniczne znaczenie dla bezpieczeństwa nie wymaga wyjaśnień. Warto natomiast przypomnieć o napinaczach pasów. To właśnie montowane w zamku pasa lub w zwijaczu napinacze stanowią podstawowy element, który zapewnia wytracanie energii kinetycznej ciała kierowcy i pasażera. Istota działania napinacza polega niezmiennie na cofnięciu zamka pasa i wzroście naciągu pasa w sytuacji zagrożenia. W razie wypadku napinacz zwija pas zwiększając napięcie pasa, a tym samym likwiduje luz pomiędzy pasem

a ciałem podróznego. Konstrukcje napinaczy oczywiście zmieniają się równolegle z rozwojem systemów bezpieczeństwa, a ich niezawodność i skuteczność działania, niezależnie czy są to napinacze mechaniczne, wykorzystujące energię sprężyny, czy pirotechniczne wynika z niezawodności i dokładności elementu sterującego.

Ze względu na konstrukcję i zasadę działania napinacze dzielą się na:

- napinacze kulkowe,
- napinacze Wankla,
- napinacze zębatkowe,
- napinacze rurowe,
- napinacze taśmowe.



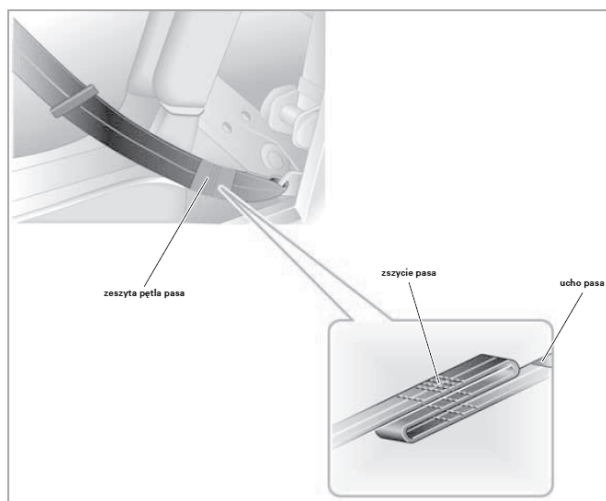
Rys. 6.9. Napinacz pirotechniczny w zamku pasa.

- 1 – zamek pasa bezpieczeństwa
- 2 – tłok – stożek zamykający
- 3 – obudowa – mechanizm zamykający
- 4 – generator gazu
- 5 – zespół zapłonowy
- 6 – element zwrotny – punkt mocowania
- 7 – linka napinająca

Na podstawie sygnałów z czujników wykrywających kolizję sterownik systemu decyduje o zasileniu zespołu zapłonowego. Przepływający prąd powoduje rozgrzanie włókna, co z kolei inicjuje zapłon materiału pirotechnicznego. Rosnące ciśnienie przesuwają tłok (stożek zamka) w kierunku napinania, wskutek czego zamek pasa jest pociągany do dołu przez element zwrotny. Po napięciu pasów tłok zostaje zablokowany w położeniu napięcia pasów. Całkowity czas upływający od chwili zderzenia do zakończenia napinania pasa wynosi około 15 ms. Skok elementu napinającego dochodzi do ok. 150 mm, podczas gdy efektywne rozciągnięcie pasa bezpieczeństwa wynosi średnio ok. 100 mm.

3.6.6.1. OGRANICZNIKI SIŁY NAPIĘCIA PASA

Aby obciążenia spowodowane działaniem pasa podczas wypadku nie były zbyt duże, zwijacze pasów mają wbudowane ograniczniki siły napięcia pasa. Pozwalają one na wydłużenie pasa po przekroczeniu określonej siły i zanurzenie chronionej osoby w otwartą poduszkę gazową. Najprostszym rozwiązaniem ogranicznika siły napięcia jest zeszytie fragmentu pasa w rodzaj pętli.



Rys. 6.10. Ogranicznik siły napięcia pasa w formie zaszycia w pętłę.

W momencie przekroczenia granicy założonego napięcia, szew po prostu pęka, a pas wydłuża się o długość zaszycia pętli. Siła napięcia zmniejsza się ograniczając obciążenie, któremu podlega osoba przypięta tym pasem.

3.6.6.2. PIROTECHNICZNY NAPINACZ PASA ŁĘDŹWIOWEGO

Ciekawym rozwiązaniem są stosowane na niektórych rynkach napinacze pasa łędźwiowego na fotelu kierowcy. Napinacz wyposażony jest w ładunek pirotechniczny, który po inicjacji zaciska pas, aby zminimalizować przemieszczenie dolnej części ciała. To z kolei oznacza, że siły oddziaływania na korpus przez pasy i poduszkę powietrzna są mniejsze. Napinacz pasa łędźwiowego jest wyzwalany nieznacznie wcześniej niż górnej części pasa.

3.6.7. PRZYPOMINANIE O ZAPINANIU PASÓW BEZPIECZEŃSTWA

Z uwagi na rolę, jaką pełnią pasy bezpieczeństwa w systemie bezpieczeństwa biernego samochodu – zapięcie ich bądź nie wpływa bezpośrednio na aktywowanie przez sterownik poszczególnych elementów ochrony – w wielu modelach

współczesnych samochodów stosuje się systemy przypominające o konieczności ich właściwego zapięcia. Najczęściej monitorowane są fotele przednie. Jeśli zostanie włączony zapłon, a pas nie jest zapięty, to zapala się symbol świetlny. Gdy samochód przekroczy prędkość 10 km/h, odpowiedni moduł emituje również sygnał dźwiękowy. Trwa to do momentu zapięcia pasa albo wybrania wstecznego biegu lub, w niektórych modelach, wyłączenia sygnału specjalnym przyciskiem. Najczęściej też, jak np. w rozwiązaniach stosowanych w Samochodach Volvo, częstotliwość sygnału dźwiękowego rośnie, jeśli zostanie przekroczona prędkość 25 km/h, a po przekroczeniu 40 km/h rośnie także głośność. Często też, podobnie jak w samochodzie Volvo S80, monitorowany jest status pasów tylnych siedzeń, który generuje oddzielny komunikat tekstowy w zależności od zapięcia pasów. Informacja gaśnie po 30 s i po osiągnięciu prędkości 10 km/h. Jeśli czujnik przypominania o zapięciu tylnych pasów wykryje pasażera lub inny ciężki obiekt na którymś z trzech tylnych siedzeń, a tylny pas nie jest zapięty, to zapala się lampka ostrzegawcza, pojawia się komunikat na wyświetlaczu modułu i emitowany jest ostrzegawczy sygnał dźwiękowy.

3.6.8. SYSTEMY KLASYFIKUJĄCE PASAŻERA

Współczesne systemy bezpieczeństwa poza samą informacją o zajęciu miejsca poszukują sposobu na pozyskanie informacji o budowie anatomicznej pasażera w celu zoptymalizowania sposobu jego ochrony.

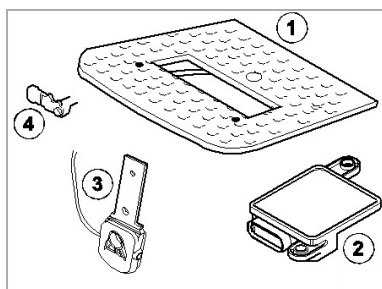
3.6.8.a. Czujnik obciążenia fotela AWS

Najczęściej stosowanym rozwiązaniem jest system AWS (ang. Advanced Weight Sensor – zaawansowany czujnik masy). Działanie opracowanego przez firmę Siemens systemu oparte jest na informacjach czterech czułych czujników rozmieszczonych w fotelu pojazdu. Na podstawie przekazywanych sygnałów system jest w stanie określić dzięki odpowiedniemu algorytmowi budowę ciała, masę, a nawet pozycję zajmowaną przez pasażera na fotelu. Czujniki działają na zasadzie sprężyny uginającej się maksymalnie o 0,2 mm w zależności od nacisku wywieranego przez pasażera. Ugięcie jest rejestrowane i w formie sygnału elektrycznego przekazywane do sterownika, gdzie po analizie danych następuje zakwalifikowanie pasażera do jednej z pięciu kategorii wagowych. Podczas zderzenia poduszki bezpieczeństwa są uruchamiane w charakterystyczny dla każdej kategorii sposób, aby zoptymalizować poziom ochrony i zminimalizować potencjalne obrażenia ofiar wypadku.

3.6.8.b. Czujnik ważenia pasażera OWS

Nieco inną metodę ważenia pasażera wykorzystują rozwiązania w samochodach grupy VW. Podstawowym elementem czujnika ważenia pasażera jest płytką rejestrująca nacisk na siedzisko fotela pasażera. Jej zadaniem jest rozstrzygnięcie czy fotel jest zajęty, czy pusty oraz pomiar nacisku na siedzisko, jeżeli ktokolwiek na nim usiadzie. Płytką wypełniona jest olejem silikonowym, który pod ciężarem pasażera dzięki połączeniu rurką wywiera nacisk na czujnik ciśnienia oleju. Przy określonym

ciśnieniu czujnik przekazuje informacje o wadze pasażera do modułu sterującego. Czujnik ważenia pasażera najczęściej podlega kalibrowaniu.

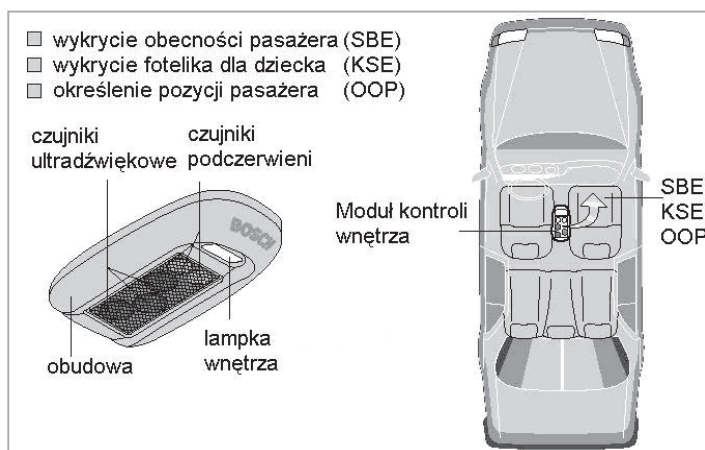


1. Płytkę czujnika.
2. Moduł czujnika ważenia pasażera.
3. Czujnik napięcia pasa.
4. Czujnik nacisku.

Rys. 6.11. Czujnik ważenia pasażera Audi

3.6.8.c. Moduł kontroli wnętrza samochodu

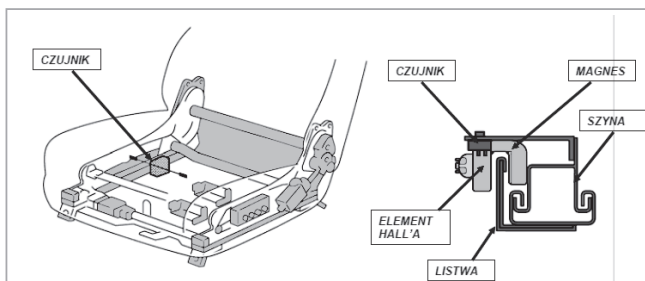
Zupełnie inną koncepcję rozwija firma Bosch. Dla oceny budowy i położenia pasażera oraz sposobu zamontowania fotelika dla dziecka wykorzystuje zespoły czujników ultradźwięków i podczerwieni.



Rys. 6.12. Moduł kontroli wnętrza samochodu - system firmy Bosch

Zebrane informacje wykorzystywane są przez sterownik do podjęcia decyzji, które poduszki napełnić i w jakim stopniu. Nowoczesne systemy nie tylko oceniają wagę pasażera i określają miejsce, w którym się znajduje, ale pozwalają rozpoznać zapięcie pasów i określić stopień ich napięcia.

3.6.9. CZUJNIK POŁOŻENIA FOTEŁA

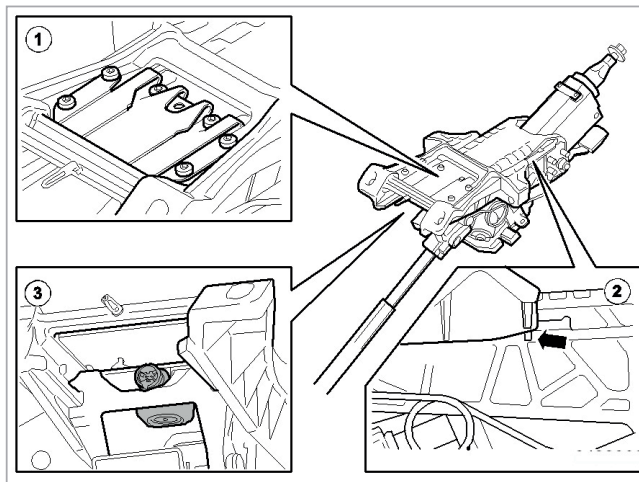


Rys. 6.13. Czujnik położenia fotela. Toyota.

Rysunek przedstawia rozwiązanie koncernu Toyota. Czujnik z elementem Halla, generujący impulsy elektryczne na skutek przemieszczania się wzdłuż listwy perforowanej są umieszczone równoległe do szyny przewodniczej fotela. Moduł sterujący określa położenie fotela na podstawie zliczania impulsów generowanych przez czujnik. Czujnik położenia fotela jest stosowany w systemach wraz z poduszkami dwustopniowymi o zmiennej szybkości napełniania. Szybkość napełniania poduszki jest zależna od położenia fotela.

3.6.10. ADAPTACYJNA KOLUMNĄ KIEROWNICZA

Jest to ciekawe rozwiązanie, stosowane przez firmę Volvo w modelach S40 i V50 przeznaczonych tylko na rynek USA i Kanady.



Rys. 6.14. Adaptacyjna kolumna kierownicza Volvo S40 i V50

Po uaktywnieniu systemu bezpieczeństwa w adaptacyjnej kolumnie kierowniczej zapłon ładunku pirotechnicznego powoduje ścięcie trzpienia blokującego mechanizm regulacji długości kolumny kierowniczej, co sprawia, że może się ona

swobodnie wsuwać i wysuwać. Jeśli siła zderzenia czołowego przekroczy określony poziom, kolumna zostanie wciśnięta w deskę rozdzielczą bardziej niż ma to miejsce w przypadku kolumny sztywnej. Usunięcie trzpienia nie ma wpływu na kierowanie samochodem. Materiał wybuchowy umieszczony jest wewnątrz kolumny kierowniczej. System adaptacyjnej kolumny kierowniczej zadziała tylko w sytuacji, gdy kierowca ma zapięte pasy i gdy nastąpiło odpalenie poduszki powietrznej. Po zadziałaniu systemu adaptacyjnej kolumny kierowniczej musi być ona wymieniona na nową. Kolumna kierownicza posiada oznaczenie, które świadczy o tym, że została ściśnięta.

3.6.11. OCHRONA W RAZIE PRZEWRÓCENIA SIĘ POJAZDU

Osobnym problemem w systemach bezpieczeństwa biernego pojazdów jest ochrona pasażerów kabrioletów. Otwarte nadwozie kabrioletów wymaga zastosowania specjalnych elementów, chroniących pasażerów przed skutkami wypadku. Jest to przede wszystkim ochrona w razie przewracania się samochodu. System ten zostanie omówiony na przykładzie samochodu Audi A4 Cabriolet.

Wysunięte pałaki ochronne tworzą wraz ze słupkami A strefę ochronną dla pasażerów samochodu. System wyposażony jest dodatkowo w czujnik rozpoznający groźbę przewrócenia się samochodu. Na podstawie sygnału wszystkich czujników, moduł sterujący ocenia groźbę przewrócenia się pojazdu i poza napełnieniem poduszek gazowych i napięciem pasów bezpieczeństwa, uruchamia działanie pałaków ochronnych. Ponadto ochrona w razie przewrócenia się jest uruchamiana zapobiegawczo także podczas silniejszych zderzeń czołowych, bocznych i tylnych wraz z napełnieniem poduszek i pasów bezpieczeństwa.



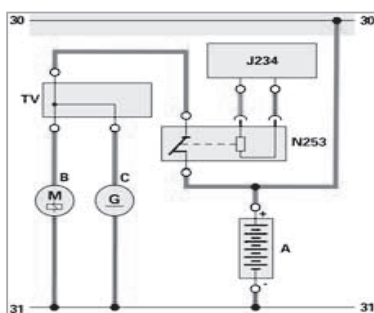
Rys. 6. 14. System ochrony kabrioletów. Audi.

Gdy elektromagnes ochrony w razie przewracania się pojazdu nie są zasilane, ich zaczepty przytrzymują pałaki ochronne w dolnym położeniu. W chwili gdy moduł sterujący rozpozna zderzenie lub ryzyko przewrócenia pojazdu, zasila elektromagnes odblokowując pałaki ochronne. Po zasileniu elektromagnesów sprężyny w ciągu 0,25 s wysuwają pałaki ochronne. Do zablokowania pałaków w tej pozycji służą szyny blokady. Już po wysunięciu pałaków o 80 mm blokada nie pozwala na ich ponowne wciśnięcie.

Wysunięte pałaki można mechanicznie odblokować i ponownie wcisnąć do położenia wyjściowego.

3.6.12. PIROTECHNICZNY ODŁĄCZNIK AKUMULATORA.

W samochodach, które mają akumulator zamontowany we wnętrzu lub w bagażniku może być zamontowany odłącznik akumulatora. Jego zadaniem jest przerwanie połączenia pomiędzy akumulatorem a rozrusznikiem i alternatorem. Pozwala to uniknąć pożaru w sytuacji, gdy wypadek spowoduje zwarcie w tych przewodach. Sterownik airbag uruchamia odłącznik akumulatora przy każdym wypadku, przy którym uruchamia poduszki bezpieczeństwa. W przypadku zderzenia tylnego odłącznik akumulatora jest uruchamiany wraz z napinaczami pasów bezpieczeństwa.



- A akumulator rozruchowy,
- B rozrusznik,
- C alternator,
- J234 moduł sterujący poduszki gazowej
- N253 zapalnik odłącznika akumulatora
- TV rozdzielnik przewodów

Rys. 6.15. Schemat systemu odłącznika akumulatora. Audi

Działanie odłącznika tego typu polega na przerywaniu połączenia pomiędzy zaciskiem akumulatora a rozrusznikiem. Zapalnik odłącznika akumulatora znajduje się w obudowie z tworzywa sztucznego, w pobliżu akumulatora rozruchowego. Zapłon ładunku wybuchowego odłącznika akumulatora powoduje powstanie gazów, które przesuwają tłok z ostrzem. Ostrze przerywa wtedy połączenie pomiędzy akumulatorem a rozrusznikiem. Zapalnik odłącznika akumulatora uruchamiany jest bezpośrednio przez sterownik. Działanie odłącznika powoduje przerwane połączenia pomiędzy alternatorem i rozrusznikiem a akumulatorem.

3.6.13. SYSTEM PRE-SAFE

Nowym, ciekawym systemem bezpieczeństwa biernego jest system Pre-Safe. Jego zadaniem, podobnie jak w przypadku innych systemów, jest ochrona zdrowia i życia pasażerów samochodu w sytuacji zagrożenia wypadkiem. System rozpoznaje symptomy zbliżającego się wypadku, takie jak niestabilność toru jazdy, gwałtowne ruchy kierownicą czy hamowanie i uruchamia mechanizmy prewencyjne: automatyczne napinacze pasów bezpieczeństwa, automatyczne pozycjonowanie foteli oraz automatyczne zamykanie szyb bocznych i dachu. Uruchamia także światła awaryjne,

aby ostrzec nadjeżdżających z tyłu kierowców o możliwości wypadku. Rozbudowane systemy dodatkowo automatycznie powiadamiają służby ratownicze z podaniem współrzędnych GPS miejsca zdarzenia.

3.6.14. UKŁADY STEROWANIA ELEMENTAMI SYSTEMU BEZPIECZEŃSTWA

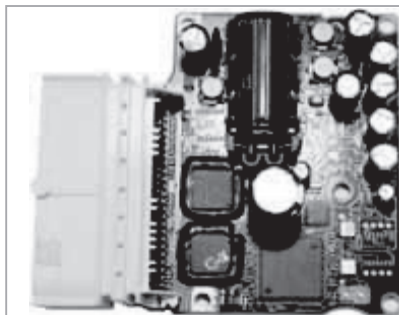
Dynamika zdarzeń podczas wypadku wymaga precyzyjnego współdziałania wszystkich układów oraz jak najkrótszego czasu komunikowania się poszczególnych elementów ochronnych. Funkcję tę pełni umieszczony najczęściej we wnętrzu nadwozia moduł sterujący systemu SRS. Podstawowym zadaniem modułu sterującego jest gromadzenie i analizowanie danych na temat opóźnienia i przyspieszenia samochodu, przetwarzanie pozyskanych danych oraz rozpoznawanie, czy istnieje potrzeba uruchomienia systemów ochronnych. Moduł sterujący systemu SRS analizuje sygnały przekazywane zarówno z wbudowanych czujników, jak również czujników zewnętrznych. Dopiero na podstawie oceny sygnału wszystkich czujników moduł sterujący decyduje, czy i które systemy bezpieczeństwa należy uruchomić. Zależnie od rodzaju i siły zderzenia, mogą to być np. tylko napinacze pasów bezpieczeństwa albo napinacze i poduszki gazowe.

Do głównych zadań modułu sterującego należy:

- rozpoznawanie kierunku zderzenia (od przodu, od tyłu, od boku, dachowanie),
- uruchamianie właściwych elementów systemu (napinaczy, poduszek, odłącznika akumulatora, odcięcia dopływu paliwa, ochrony w razie dachowania),
- ostrzeganie o niezapiętych pasach (żądanie zapięcia pasów),
- ocena wszystkich sygnałów wejściowych,
- stałe diagnozowanie wszystkich poduszek, napinaczy i czujników systemu oraz komunikacja z urządzeniem diagnostycznym,
- zapamiętywanie usterek i informacji o uruchomionych systemach,
- sygnalizowanie usterek za pomocą lampki kontrolnej,
- zapewnianie niezależnego źródła energii (zgromadzonej w kondensatorze o dużej pojemności),
- wysyłanie informacji o zderzeniu do innych sterowników samochodu,
- uruchamianie funkcji pomocniczych w chwili wypadku – odryglowanie zamka centralnego, uruchomienie systemów powiadamiania o wypadku.

Dla właściwego rozpoznania kolizji bardzo istotna jest jakościowa ocena zaistniałego zderzenia. Właściwa interpretacja informacji przesłanej przez czujniki powinna wykluczyć przypadkowe sytuacje wynikające z nierówności drogi, obsługi serwisowej czy lekkiego potrącenia. Aby zapobiec nieuprawnionemu wyzwoleniu działania zespołów pirotechnicznych, nieustannie przesyłane przez czujniki sygnały ulegają przetworzeniu przez algorytmy cyfrowe zawarte w układach elektronicznych, których parametry czułości są zoptymalizowane przy pomocy odpowiednich symulacji przeprowadzanych w trakcie zderzeń doświadczalnych. Próg uruchomie-

nia wynosi, w zależności od rodzaju zderzenia, od 5 ms do 50 ms. Zmiany przyspieszenia przedstawiają się różnie w zależności od badanego modelu samochodu. Uwarunkowane są one konstrukcją, wyposażeniem oraz odkształcaniem nadwozia na skutek wypadku.



Rys. 6.16. Moduł sterujący systemu SRS. Obudowa otwarta.

Typowy moduł sterujący systemem SRS składa się z następujących bloków:

- czujnik przyspieszeń – najczęściej piezoelektryczny, a w nowych rozwiązaniach – półprzewodnikowy czujnik powierzchniowy, którego zadaniem jest monitorowanie wartości przyspieszenia, jakiemu poddawany jest pojazd;
- włącznik bezpieczeństwa – mechaniczny lub coraz częściej mikromechaniczny czujnik przyspieszenia, stanowiący ostatni stopień zabezpieczający przed nieuprawnionym wyzwoleniem poduszki gazowej;
- blok podtrzymania napięcia zasilającego – stanowi zabezpieczenie w przypadku odłączenia sterownika SRS od zewnętrznego napięcia zasilającego np. w wyniku wypadku. Zazwyczaj stanowi go kondensator, który podtrzymując napięcie sprawia że przez ponad 100 ms od odłączenia, układ jest w pełni sprawny i w razie potrzeby jest w stanie zainicjować zapłon ładunków poduszek i napinaczy;
- układ ASIC (Application Specified Integrated Circuit – układ scalony specyficzny dla aplikacji) – realizuje funkcje takie jak przetwarzanie sygnałów z czujników, formowanie sygnałów testujących obwody oraz 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.

Obok czujników wbudowanych bezpośrednio w sterownik ważną funkcję pełnią czujniki zewnętrzne. Ich ilość, rozmieszczenie i sposób działania uzależniona jest oczywiście od klasy i marki samochodu.

Wśród najważniejszych należy wymienić:

- Czujniki zderzenia przedniej poduszki gazowej po stronie kierowcy i przedniego pasażera.

Są to czujniki mierzące opóźnienie i przyspieszenie samochodu w kierunku wzdłużnym. Najczęściej umieszczone w przedniej części nadwozia, np. pod reflektorami pojazdu. Dzięki temu w zależności od skali zderzenia napełnienie poduszki gazowej może nastąpić wcześniej. Poprzez wcześniejsze w czasie zadziałanie poduszek można uzyskać lepszą ochronę kierowcy i przedniego pasażera.

- Czujniki zderzenia bocznych poduszki gazowych - czujniki przyspieszenia. Czujniki te są montowane w samochodzie w obszarze prawego i lewego słupka C. Ich zadaniem jest mierzenie przyspieszenia poprzecznego samochodu i przekazanie tej informacji do sterownika poduszki gazowej. Czujnik zderzenia składa się z obudowy, pamięci rejestrującej i mikromechanicznego czujnika przyspieszenia. Mikromechaniczny czujnik przyspieszenia, w sposób uproszczony, można potraktować jako specyficzny rodzaj kondensatora, którego płytki mogą przesuwać się względem siebie. Jeżeli w wyniku wypadku, na skutek bezwładności jedna płytek przesunie się w kierunku pomiarowym, zmienia się pojemność kondensatora. Układ elektroniczny czujnika ocenia tę informację, przetwarza ją do postaci cyfrowej i wysyła te dane do sterownika poduszek bezpieczeństwa.
- Ciśnieniowe czujniki zderzenia bocznych poduszek gazowych. Czujniki ciśnienia są montowane po prawych i lewej stronie pojazdu np. w drzwiach. Podczas deformacji drzwi powstaje w nich chwilowy wzrost ciśnienia powietrza. Czujnik mierzy ten wzrost ciśnienia i przesyła sygnał do sterownika poduszki gazowej.

Zasadniczo stosuje się dwa rodzaje czujników ciśnienia - czujniki działające na zasadzie pojemnościowej i piezoelektrycznej. Oba te typy czujników składają się z czujnika i elektronicznego układu oceniającego, zamontowanych razem w jednej obudowie.

- Piezoelektryczny czujnik ciśnienia. Zespół czujników piezoelektrycznego czujnika ciśnienia składa się z uszczelnionej miseczki, zamkniętej przeponą z płytkami piezoelektrycznymi. Zmiana ciśnienia powietrza powoduje wygięcie przepony i przemieszczenie ładunku elektrycznego w płytkach piezoelektrycznych. Elektroniczny układ oceniający przetwarza to przemieszczenie ładunku na napięcie elektryczne i w formie sygnału wysyła do sterownika poduszki gazowej.
- Pojemnościowy czujnik ciśnienia. Zespół czujników pojemnościowego czujnika ciśnienia jest zbudowany jak kondensator. Okładka kondensatora znajduje się w szczelnie zamkniętej miseczce. Okładka kondensatora ma formę przepony. Zmiana ciśnienia powietrza powoduje odkształcenie przepony i zmianę odległości pomiędzy okładkami kondensatora. Elektroniczny układ oceniający przetwarza zmianę pojemności kondensatora i w formie sygnału wysyła do sterownika poduszki gazowej

3.6.15. GENERATORY GAZU PODUSZEK GAZOWYCH

Gdy moduł sterujący systemu bezpieczeństwa rozpozna zderzenie wymagające uruchomienia poduszki, uruchamia odpowiedni generator gazu. Początkowo stosowano wyłącznie generatory proszkowe, w których materiał pirotechniczny miał formę tabletki. W wyniku zapłonu powstawał nieszkodliwy gaz, który składał się prawie wyłącznie z azotu. Obecnie powszechne staje się stosowanie przez producentów generatora hybrydowego. Składa się on z obudowy, najczęściej w kształcie rury wypełnionej gazem pod dużym ciśnieniem oraz umieszczonego w niej lub przy niej stałego materiału pirotechnicznego. Zbiornik zawiera najczęściej mieszaninę sprężonego helu i argonu. Zależnie od wersji generatora w zbiorniku panuje ciśnienie 200 do 600 bar. Zapłon stałego ładunku wybuchowego wywołuje otwarcie zbiornika z gazem, a poduszka napełnia się mieszaniną gazów szlachetnych i wybuchowych. W zależności od modelu samochodu w poduszkach czołowych kierowcy i pasażera spotyka się stopniowanie napełniania, co uzyskuje się dzięki zastosowaniu generatorów jedno- lub dwustopniowych. W generatorze jednostopniowym cały ładunek pirotechniczny spala się od razu. W generatorze dwustopniowym są dwa ładunki, które są zapalane w pewnym odstępie czasu. O czasie zwłoki pomiędzy zapłonem pierwszego i drugiego ładunku decyduje sterownik oceniając siłę i rodzaj uderzenia. Odstęp może wynosić od 5 do 50 ms, w zależności od samochodu i potrzeby napełnienia poduszki dodatkową ilością gazu.

3.6.16. WYMIANA DANYCH

Do poprawnego funkcjonowania systemu niezbędny jest szybki i niezawodny sposób przekazywania danych i komunikowania się poszczególnych elementów układu. Obecnie standardem komunikacji jest przesył danych z wykorzystaniem magistrali CAN. Sterownik systemu poduszek bezpieczeństwa przesyła do sieci CAN następujące informacje:

- włączanie i wyłączanie lampki kontrolnej,
- włączanie i wyłączanie przypomnienia o zapięciu pasów,
- dane diagnostyczne,
- sygnał zderzenia,
- status poduszki gazowej przedniego pasażera (włączona lub wyłączona).

O gotowości i sprawności całego systemu bezpieczeństwa do działania informuje lampka kontrolna. Gdy sterownik zestawu wskaźników nie dostaje komunikatów od sterownika poduszek bezpieczeństwa, automatycznie włącza lampkę w zestawie wskaźników tablicy przyrządów.

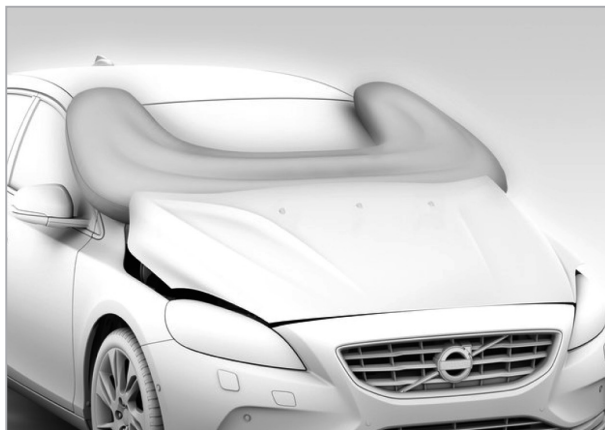
3.6.17. SYSTEMY OCHRONY PIESZYCH.

W ostatnim czasie producenci samochodów dużą wagę przykładają do ochrony pieszego podczas kolizji z samochodem. Ich starania doprowadziły do powstania kilku ciekawych rozwiązań, a co za tym idzie – do poprawienia bezpieczeństwa pieszych.

Wprowadzone między innymi przez Citroena w modelu C6 oraz przez Jaguara w XK aktywne maski silnika pozwalają na znaczną amortyzację uderzenia. Układ wykrywa kolizję z pieszym i uruchamia specjalne podnośniki maski, których zadaniem jest zwiększenie dystansu do silnika pojazdu i złagodzenie siły uderzenia. Czujniki reagują na zderzenie, a aktywowane przez ładunki pirotechniczne siłowniki podnoszą tylną część maski pojazdu w celu zwiększenia ochrony głowy pieszego. Pozwala to na zmniejszenie siły uderzenia, będącej najpoważniejszą i najczęstszą przyczyną urazów i wypadków śmiertelnych wśród pieszych.

Mercedes natomiast w podobnym rozwiązaniu zastosował układ sprężyn do uniesienia tylnej części aktywnej maski silnika o około 50 mm. W ten sposób zwiększa się przestrzeń deformacji, przy czym system ma działanie odwracalne i można go ręcznie przywrócić do stanu normalnego.

Natomiast w Volvo V40 debiutuje kolejna poduszka powietrzna, tym razem chroniąca osoby na zewnątrz auta – w przypadku kolizji zabezpiecza ona pieszych przed uderzeniem głową w szybę.



Rys. 6.17. Poduszka zewnętrzna ochrony pieszego. Volvo.

3.6.18. WARUNKI BEZPIECZEŃSTWA PRZY EKSPLOATACJI I OBSŁUDZE SYSTEMÓW PODUSZEK GAZOWYCH.

Podczas czynności obsługowych należy przestrzegać instrukcji i zaleceń producenta. Bezwzględnie zabrania się:

- używania mierników wskazówkowych lub kontrolki żarówkowych do wykrywania przerw w obwodach przewodów elektrycznych,
- pomiarów rezystancji poduszek,
- dokonywania napraw oraz modyfikacji elementów systemu,
- montować elementy pozyskane z demontażu innych pojazdów,
- zasilac elementy systemu z zewnętrznych źródeł zasilania,

- demontować zespoły na części, uderzać podzespoły, dopuszczając na upadku z wysokości,
- detonowania poduszek gazowych bez uprzedniego przeszkolenia i zapoznaniem się z procedurami dotyczącymi tych czynności,
- przechowywać, transportować i utylizować elementy systemu w sposób niezgodny z zaleceniami producenta.

Literatura:

1. J. Wicher Bezpieczeństwo samochodów i ruchu drogowego wydanie: 3, rozszerzone Wydawnictwo WKŁ 2012
2. A. Zieliński Konstrukcja nadwozi samochodów osobowych i pochodnych Wydawnictwo WKŁ 2008
3. Praca zbiorowa, S. Polkowski Układy bezpieczeństwa i komfortu jazdy Wydawnictwo WKŁ
4. U. Rokosch Poduszki gazowe i napinacze pasów Wydawnictwo WKŁ 2003
5. A. Reński Bezpieczeństwo czynne samochodu. Zawieszenia oraz układy hamulcowe i kierownicze. Wydawnictwo: Politechnika Warszawska 2011
6. Materiały szkoleniowe Toyota Motor Poland
7. Materiały szkoleniowe Volvo Auto Polska
8. Materiały szkoleniowe Seat (VW)

3.7. TECHNIKI DIAGNOSTYKI I WYSZUKIWANIA USTEREK W SAMOCHODOWYCH UKŁADACH Z ELEKTRONICZNYM STEROWANIEM

3.7.1. DIAGNOSTYKA POKŁADOWA OBDII/E-OBD

System diagnostyki pokładowej obejmuje zespół różnorodnych testów diagnostycznych oraz procedur obliczeniowych i decyzyjnych zainstalowanych w układzie sterującym silnikiem, wykonywanych w czasie rzeczywistym, zmierzających do oceny stanu podzespołów pojazdu, których zużycie lub uszkodzenie może negatywnie wpłynąć na środowisko i pojazd. Rozwijająca się od 1996 roku norma OBD II, początkowo w USA od roku 2000 jako standard światowy, nakłada na producentów obowiązek tworzenia pokładowych systemów diagnostycznych dla wszystkich pojazdów osobowych i dostawczych. System ten przede wszystkim definiuje procedury diagnostyczne realizowane przez sterowniki pojazdu, mające na celu wykrywanie usterek w jak najwcześniejszej fazie ich wystąpienia. System OBDII jest ukierunkowany bieżący nadzór nad poziomem związków toksycznych z układów: wydechowego i zasilania w paliwo. Nadzorem tego systemu są objęte, oprócz elementów emisyjnie krytycznych, także elementy, których niesprawności mogą pośrednio zwiększyć emisję toksyn poprzez oddziaływanie na centralny sterownik systemu. Pojawiające się usterki są rozpoznawane, zapamiętywane jako błędy i sygnalizowane lampką kontrolną spalin (lampką MIL). W odróżnieniu od okresowej kontroli pojazdów OBD II pozwala na:

- ciągłą kontrolę emisji toksycznych składników spalin,
- natychmiastową sygnalizację niesprawności,
- sprawne poszukiwanie usterek przez serwis dzięki bogatym możliwościom diagnostycznym.

Celem stosowania OBD II jest zastąpienie wielu zróżnicowanych zewnętrznych systemów pomiarowo-diagnostycznych jednym, zunifikowanym systemem pokładowym, za pomocą którego można dokonywać kontroli i diagnostyki układu napędowego, a docelowo całego pojazdu. Kontrola elementów ważnych dla składu spalin odbywa się zarówno w samochodach z silnikami benzynowymi, jak i silnikami wysokoprężnymi. Odmienne sposoby spalania i oczyszczania spalin w tych silnikach wymusiły różnice w działaniu systemów diagnostyki pokładowej. Zastosowanie systemu OBD II (w Europie nazywanego EOBD) w samochodzie osobowym oznacza wyposażenie pojazdu w standardowy zespół czujników, urządzeń i jednostek sterujących, które zapewniają spełnienie norm i uregulowań OBD II w zakresie zanieczyszczania środowiska. Podstawowe wymagania wobec układów OBD II to:

- znormalizowane diagnostyczne przyłącze wtykowe;
- znormalizowane kody usterek dla wszystkich użytkowników;

- możliwość identyfikacji usterek przez wszystkie dostępne na rynku urządzenia diagnostyczne;
- możliwość stwierdzenia warunków wystąpienia usterek;
- znormalizowanie warunków wskazań usterek dotyczących emisji substancji szkodliwych;
- znormalizowanie oznaczeń oraz skrótów części konstrukcyjnych i systemów.

Podstawowe założenia systemu diagnostycznego OBD II to:

- kontrola wszystkich urządzeń mających wpływ na końcową emisję z pojazdu;
- ochrona reaktora katalitycznego spalin przed uszkodzeniem;
- optyczne wskazania ostrzegawcze gdy urządzenia mające wpływ na końcową emisję z pojazdu wykazują usterki funkcjonalne;
- zapamiętanie wykrytych usterek.

Ważną cechą normy OBD II umożliwiającą jej powszechną akceptację i stosowanie jest niespotykany dotąd w przemyśle motoryzacyjnym poziom wymagań standaryzacyjnych. W zakresie standaryzacji norma ta niemal w całości bazuje na zaleceniach SAE (Society of Automotive Engineers – Stowarzyszenie Inżynierów Samochodowych). Najbardziej istotne elementy tej standaryzacji zostały zawarte w następujących sześciu publikacjach:

- J 1930 – Wspólne terminy i skróty do określania krytycznie emisyjnych elementów dla wszystkich wytwórców sprzedających samochody w USA.
- J 1962 – Wspólne złącze transmisji danych diagnostycznych (DLC) i jego położenie w samochodzie.
- J 1979 – Wspólny czytnik informacji diagnostycznych (SAE Scan Tool).
- J 2190 – Tryby pracy systemu diagnostycznego.
- J 2012 – Wspólne oznaczenia niesprawności (diagnostyczne kody niesprawności DTC).
- J 1850 – Protokół transmisji pomiędzy komputerem pokładowym a czytnikiem informacji diagnostycznej.

Jednym z podstawowych pojęć używanych w systemach diagnostyki pokładowej jest „monitor”, które oznacza procedurę diagnostyczną centralnej jednostki sterującej, realizowaną środkami sprzętowymi i programowymi, w celu identyfikacji poprawności pracy danego elementu albo funkcji układu pojazdu samochodowego. Monitor powinien przechowywać także wyniki testów i podejmować decyzję o powiadomieniu o wystąpieniu uszkodzenia. Monitory diagnostyczne w systemach OBD II skupiają się na wykrywaniu uszkodzeń elementów lub podsystemów wpływających na emisję składników toksycznych z układu wylotowego lub zasilania.

W systemie OBD II, każdy monitor obsługuje tylko jeden wpływający na emisję element lub podsystem. Stąd liczba zastosowanych w danym pojeździe monitorów zależy od typu silnika oraz od poziomu rozbudowy systemu kontroli emisji. Wyodróżniamy monitory:

- ciągłe - monitory, które obsługują te elementy i podzespoły, które mogą być kontrolowane na bieżąco w czasie jazdy i ich testowanie może nastąpić bez

wpływu na działanie pozostałych monitorów, np. proces spalania paliwa w silniku,

- warunkowe - monitory, w których identyfikacja uszkodzeń wymaga dłuższego czasu obserwacji w warunkach cyklu jezdny, np. kontrola pracy katalizatora.

Operacje monitora są wykonywane przy zastosowaniu następujących testów:

- test bierny - wykonywany na bieżąco w czasie jazdy samochodu bez ingerencji programu diagnostycznego w pracę układu napędowego,
- test aktywny - polega na przesłaniu do elementu wymuszenia o zadanej wielkości, na które znana jest reakcja; przeprowadza rzeczywiste działanie w chwili, gdy jest wykonywana funkcja diagnostyczna; stosowany jest, gdy pojawił się negatywny wynik testu biernego,
- diagnostyka intruzywna - stosowany jeżeli odpowiedź testu aktywnego nie pokrywa się z oczekiwaną.

Układ OBD II/EOBD używa dwa typy kodów usterek:

- typ A - w tej grupie kodów występują usterki najbardziej przyczyniające się do zwiększenia emisji i powodują zapalenie wskaźnika kontrolnego po pierwszym razie wystąpienia usterki,
- typ B - usterki wpływające na zwiększenie emisji, ale w sposób mniej drastyczny niż w typie A; zapalenie wskaźnika kontrolnego jest efektem wystąpienia usterki dwa razy.

Zgaśnięcie lampki kontrolnej jest możliwe jedynie po usunięciu usterki. Usunięcie kodów wystąpienia usterki z pamięci komputera jest możliwe tylko za pomocą urządzenia diagnostycznego lub odłączeniu zasilania sterownika.

Norma J 2012 zakłada pięciodziankowy system kodowania usterek :

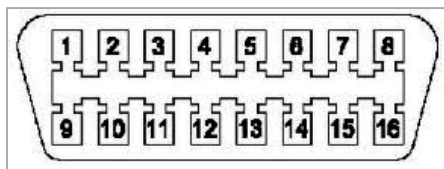
1. Pierwszy znak opisuje z jakimi elementami pojazdu związana jest usterka. Poszczególne litery oznaczają: P - układ napędowy, B - karoseria, C - układ jezdny, U - komunikacja sieciowa.
2. Drugi znak związany jest z nazwą organizacji odpowiedzialnej za definicję kodu. Dla Stowarzyszenia Inżynierów Samochodowych (SAE), przeznaczono liczbę 0, natomiast dla indywidualnych producentów liczbę 1. Znak ten jest bardzo ważny, ponieważ przekazuje informację czy kod dotyczy wszystkich producentów (0) czy związany jest ze specyficzną konstrukcją pojazdu (1).
3. Trzeci znak wskazuje podgrupę związaną z funkcjami samochodu:
 - 0 - usterka układu elektrycznego,
 - 1, 2 - usterka układ zasilania paliwem lub powietrzem,
 - 3 - usterka związana ze zjawiskiem wypadania zapłonów,
 - 4 - usterka związana z emisją spalin,
 - 5 - usterka dotycząca sterowania prędkością obrotową biegu jałowego,
 - 6 - usterka związana z układami wyjścia i wejścia centralnej jednostki sterującej,
 - 7 - usterka związana z przekazywaniem momentu obrotowego,

- 8 - usterki dotyczące elementów pojazdu nie sterowanych elektrycznie.
4. Kolejne znaki w kodzie oznaczają numer usterki wcześniej zdefiniowanej grupy i podgrupy elementów samochodu. Przykładowo kod P0308 oznacza: P - usterka związana z układem napędowym, 0 - błąd określony przez normę SAE, 3 - usterka związana z układem zapłonowym, 08 - brak zapłonu w cylindrze numer 8.

Norma OBD II/EODB wprowadza 9 trybów testowania:

- Tryb I - identyfikacja parametrów – uzyskiwanie danych diagnostycznych w postaci cyfrowej i analogowej.
- Tryb II - dostęp do danych przechowywanych w pamięci sterownika w postaci tzw. „zamrożonej ramki”, zarejestrowanych podczas eksploatacji samochodu, dotyczących uszkodzenia elementów związanych z emisją toksycznych składników spalin.
- Tryb III - umożliwia urządzeniom diagnostycznym czytanie zapisanych kodów usterek; kody te mogą być wyświetlane samodzielnie lub razem z tekstem opisującym.
- Tryb IV - umożliwia kasowanie wszystkich kodów zapisanych w pamięci sterownika.
- Tryb V - monitorowanie czujników tlenu (sond lambda) w celu wykrycia niesprawności reaktora katalitycznego.
- Tryb VI - testowanie monitorów warunkowych.
- Tryb VII - testowanie monitorów bezwarunkowych.
- Tryb VIII - kontrola stanu wyjściowego – tryb ten umożliwia obsłudze technicznej manualne kontrolowanie większości sygnałów wyjściowych celem sprawdzenia aktualnego stanu technicznego urządzeń zewnętrznych.
- Tryb IX - zapytanie o numer identyfikacyjny pojazdu VIN (Vehicle Identification Number) oraz aktualne dane o wersji oprogramowania.

Własności funkcjonalne oraz elektryczne podstawowego przyrządu diagnostycznego do czytania i interpretacji informacji z pokładowych systemów diagnostycznych OBD II określają dokumenty SAE J1978 pod tytułem „OBD II Scan Tool” oraz norma ISO 15031-4. Połączenie pomiędzy urządzeniem diagnostycznym, a systemem OBD II jest realizowane przy pomocy jednego z czterech protokołów: opisanego normą SAE J1850 protokołu PWM (Pulse Width Modulation) albo VPW (Variable Pulse Width), protokołu przewidzianego normą ISO 9141-2 lub protokołu zgodnego z normą ISO/DIS 14230-4. Producenci samochodów są zobowiązani do zastosowania jednego z wyżej wymienionych interfejsów do komunikacji pomiędzy systemem OBD II i urządzeniem diagnostycznym. W samochodach produkowanych przez koncern FORD stosuje się standard PWM, w autach pochodzących z General Motors protokół VPW, natomiast w Europie obowiązują standardy: ISO 9141-2 i ISO14230-4 (Keyword Protocol 2000). Opis złącza DLC jest przedstawiony w tabeli poniżej.



Rys. 7.1. Złącze OBDII/EOBD

Styk	Funkcja	Styk	Funkcja
1	nie podłączony	9	nie podłączony
2	linia PWM+ lub VPW (SAE J1850)	10	linia PWM- (SAE J1850)
3	nie podłączony	11	nie podłączony
4	GND (masa akumulatora)	12	nie podłączony
5	GND (masa sygnałowa)	13	nie podłączony
6	linia CAN+ (ISO 11519)	14	linia CAN- (ISO 11519)
7	linia K (ISO 9141-2, ISO14230-4)	15	linia L (ISO 9141-2, ISO14230-4)
8	nie podłączony	16	+12V (napięcie akumulatora)

UWAGA: Kolorem szarym zaznaczono styki zdefiniowane przez normę SAE J1962, wykorzystywane do celów diagnostyki OBD II/EOBD. Pozostałe wyprowadzenia mogą być dowolnie wykorzystywane przez producentów pojazdów.

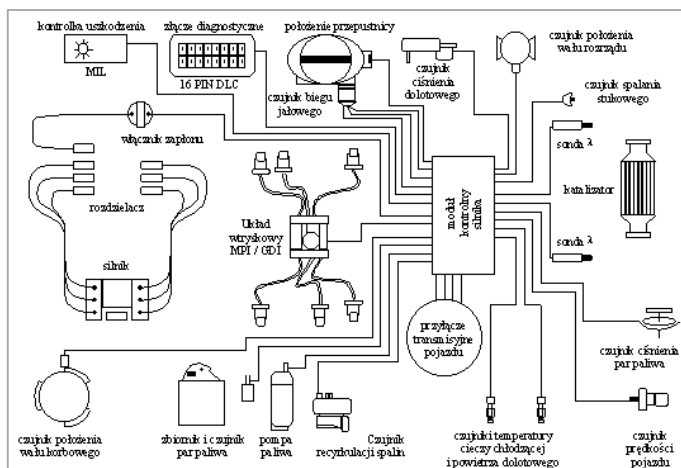
Wyjaśnienie procedury wymiany informacji pomiędzy systemem OBD II i urządzeniem czytającym wymaga znajomości podstaw szeregowej transmisji danych wprowadzanej obecnie do produkowanych pojazdów samochodowych. W klasycznych, ogólnie znanych rozwiązaniach wymiana informacji i przepływ energii pomiędzy elementami podzespołami pojazdów nazwanymi dalej systemami E/E były realizowane równolegle i analogowo za pośrednictwem specjalizowanej dla danego typu pojazdów wiązki przewodów. Wprowadzenie elektronicznie sterowanych układów wtryskowo-zapłonowych oraz podsystemów zmniejszenia emisji związków toksycznych radykalnie zwiększyło ilość połączeń energetyczno-informatycznych w samochodzie. Efektem tego był wzrost kosztów układu przewodów, trudności jego zabudowy w pojeździe oraz pogorszenie niezawodności związane z ilością połączeń w wiązkach. W tradycyjnych rozwiązaniach pokładowych systemów E/E, trudne lub wręcz niemożliwe było wykorzystanie tych samych czujników w różnych zastosowaniach kontrolno-pomiarowych (np. czujników temperatur lub prędkości obrotowej do sterowania wtryskiem i do obsługi wskaźników kierowcy), co dalej komplikowało cały system. Jedynym racjonalnym rozwiązaniem stało się więc zastąpienie analogowej wiązki szeregową transmisją cyfrową, znaną od dawna w telekomunikacji i informatyce, w której informacje pomiędzy elementami, podzespołami i systemami są wymieniane za pośrednictwem jednego wspólnego łącza elektrycznego. W wyniku wspólnych działań producentów pojazdów i instytucji normalizujących opracowano trzy standardy takiej transmisji, które mogą obsłużyć wszystkie zastosowania pojazdowe. Standardy te nazywane są klasą komunikacji A, B i C. Każda klasa komunikacji była projektowana pod kątem spełnienia specyficznych wymagań

poszczególnych podzespołów i podsystemów pojazdów i różni się od pozostałych głównie prędkością transmisji i odpornością na błędy. Podstawowe zastosowania i prędkości transmisji poszczególnych klas komunikacji przedstawiono w tabeli:

	Klasa A	Klasa B	Klasa C
Prędkość	Niska	Średnia	Wysoka
Czas trwania bitu	< 10 Kb/s	od 10 do 125 Kb/s	od 125 Kb/s do 1 Mb/s
Aplikacje	Urządzenia zwiększające komfort jazdy	Niekrytyczne systemy kontrolno-pomiarowe	Systemy pomiarowe krytyczne dla bezpieczeństwa jazdy

Klasy komunikacji danych akceptowane przez SAE

Wprowadzenie szeregowej transmisji danych do konstrukcji pojazdów pozwoliło w znaczny sposób zmniejszyć koszty systemu E/E oraz zmniejszyć ilość awarii spowodowanych wadliwymi połączeniami między urządzeniami. Jednakże krytycznym stał się problem niezawodności oprogramowania poszczególnych elementów systemu jak i transmisji pomiędzy nimi. W chwili obecnej najczęściej używaną i najlepiej oprogramowaną jest komunikacja klasy B, nazywana według standardów SAE magistralą J1850. Magistrala ta jest wykorzystywana do łączenia urządzeń nie wymagających pomiarów i sterowania w czasie rzeczywistym.



Rys. 7.2. Schemat kontroli pracy silnika wyposażonego w system OB2 II/EOBD

Na przedstawionym schemacie kontroli pojazdu z systemem OB2 II/EOBD, zwraca uwagę centralną pozycją modułu sterowania silnika, który zbiera dane od wszystkich czujników systemu, steruje pracą silnika, informuje o uszkodzeniach zapalając lampki kontrolne oraz zapewnia możliwość odczytu stanu pojazdu przez złącze diagnostyczne. Samochody spełniające normę OB2 II powinny być wyposażone w:

- dwie podgrzewane sondy lambda,

- wydajne i nowoczesne jednostki sterujące (16-bitowe lub 32-bitowe pamiętające ponad 15 tys. stałych kalibracyjnych),
- możliwość elektronicznego kasowania pamięci ROM celem przeprogramowania sterownika lub możliwość zmiany wersji komunikacji z komputerem zewnętrznym,
- zmodyfikowany system ograniczenia parowania paliwa z wraz procedurami diagnostycznymi (elektromagnetyczne zawory, czujniki par paliwa w zbiorniku oraz testy diagnostyczne),
- system recyrkulacji spalin wyposażony w liniowy zawór recyrkulacji sterowany elektronicznie,
- czujnik ciśnienia w kolektorze dolotowym i czujnik przepływającego powietrza, w celu określenia ilości przepływającego powietrza oraz stopnia obciążenia silnika.

Kryteria określające próg wystąpienia usterki każdego z elementów zostały ustalone na takim poziomie, że przekroczenie go o 50% od poziomu dopuszczalnego dla danego typu pojazdu jest rejestrowane w postaci kodu usterki. Najważniejszym elementem systemu jest możliwość wykrycia usterki, np. zmniejszenia skuteczności konwersji składników toksycznych spalin przez reaktor katalityczny, w początkowej fazie jej wystąpienia, gdy straty dla środowiska są jeszcze stosunkowo niewielkie.

OBD II umożliwia wykrycie usterek będących głównymi czynnikami zwiększonej emisji toksycznych składników spalin, takich jak:

- wypadanie zapłonów, które wpływa na emisję węglowodorów,
- obniżona sprawność konwersji reaktora katalitycznego,
- nieszczelności systemu paliwowego,
- nieprawidłowe działanie układów elektronicznych i czujników sterujących poszczególnymi systemami silnika pojazdu.

3.7.2. DIAGNOSTYKA RÓWNOLEGŁA

Diagnostyka równoległa polega na pomiarze wartości rzeczywistych, a prowadzana jest poprzez wpięcie się specjalnymi złączami w wiązkę przewodów łączących np. czujnik ze sterownikiem. Podłączenie równoległe poprzez analizę wartości na wejściu do sterownika pojazdu, pozwala na skontrolowanie wszystkich fizycznych sygnałów w systemach elektronicznych i umożliwia obserwację sygnałów wejściowych i wyjściowych na poszczególnych stykach sterownika. Realizacja pomiarów równoległych jest możliwa po spełnieniu dwu warunków:

1. odpowiedniego interfejsu (złącza) pomiędzy sterownikiem, a wiązką przewodów,
2. oprogramowania umożliwiającego interpretację sygnałów z poszczególnych styków.

Przykładem diagnostokopu wyposażonego w opcję pomiarów równoległych jest tester diagnostyczny ADP 186 szwedzkiej firmy Autocom. ADP186 posiada 186 kanałów analogowych do pomiarów równoległych, tzn. umożliwia analizę sygnałów na 186 nóżkach (stykach) sterownika. Mierzoną wartość (sygnał) możemy

prześledzić oscyloskopem oraz porównać z wartościami wzorcowymi dla danego pojazdu. Przy użyciu urządzenia ADP 186 można wykonać następujące pomiary:

1. Test obwodów mas i podzespołów.

Polega na obciążaniu punktów uziemienia podczas pomiaru, w celu sprawdzenia skuteczności podłączenia mas i najważniejszych połączeń w systemie.

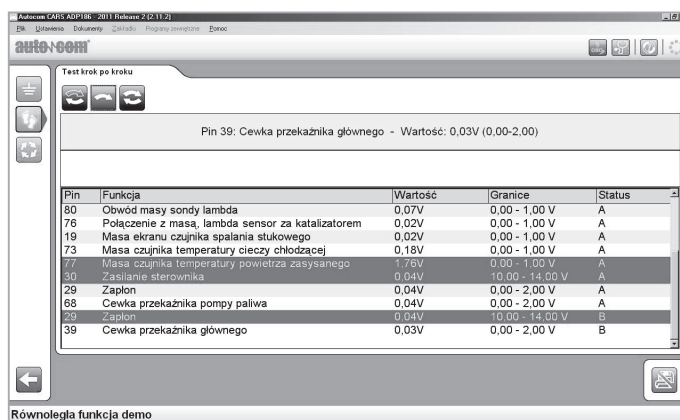
2. Test automatyczny.

Test automatyczny jest przewidziany do wykonywania w warsztacie, według przewidzianej wcześniej procedury, porównania wyników pomiarów sygnałów z wartościami, ustalonymi dla każdego systemu. Po wykonaniu każdego kroku pomiarów, program podaje:

- numer styku sterownika, na którym został dokonany pomiar,
- opis mierzonego sygnału tj. informacja z jakiego podzespołu/elementu sygnał został zmierzony,
- wartość i jednostka pomierzonego sygnału (np. V dla napięcia, Hz dla częstotliwości),
- wartości graniczne (wzorcowe) dla danego parametru,
- stan/status systemu podczas pomiaru tzn. czy np. zapłon jest włączony.

3. Test „krok po kroku”.

Test ten jest identyczny jak test automatyczny z tą jedynie różnicą, iż poszczególne kroki testów obsługujący każdorazowo musi zatwierdzić.



Rys. 7.3. Zrzut z ekranu urządzenia ADP 186. Test krok po kroku

4. Test informacyjny.

Podczas tego testu zostaje zmierzonych do dziesięciu sygnałów w systemie. Oprogramowanie testera wyznacza, które będą to sygnały, stąd mogą się one zmieniać w zależności od systemu. Zazwyczaj dla systemów sterownia silnika benzynowego są to: temperatura silnika, jego obciążenie i sygnały sond lambda.

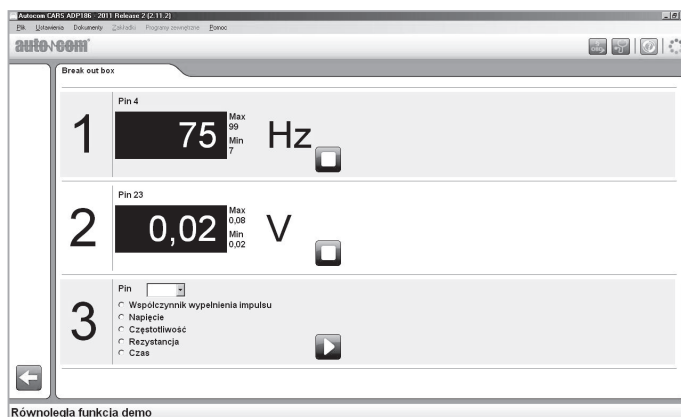
5. Test automatyczny podczas jazdy – test drogowy.

Podczas jazdy próbnej ciągle monitorowany jest zespół sygnałów ważnych dla działania systemu. Test ten ma zastosowanie przy poszukiwaniu niepewnych połączeń i usterek występujących sporadycznie podczas jazdy samochodem.

Funkcje analogowe:

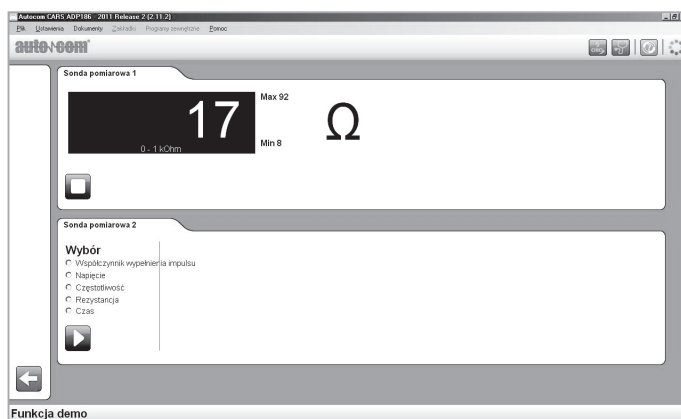
1. Break Out Box

Funkcja umożliwia wybór złącza w sterowniku oraz rodzaju wartości, które chcemy zmierzyć w odniesieniu do masy pojazdu



Rys. 7.4. Zrzut z ekranu urządzenia ADP 1862.Multimetr

Multimetr jest używany do pomiaru napięcia (V), rezystancji (om), częstotliwości (Hz), czasu (ms) oraz wypełnienie sygnału (%) poprzez sondę dołączoną do testera.



Rys. 7.5. Zrzut z ekranu urządzenia ADP 186

2. Oscyloskop

Zamontowany w ADP 186 oscyloskop pozwala na obserwację do 4 przebiegów jednocześnie. Pomiary oscyloskopowe można wykonywać przy użyciu standardowych próbników oraz z wykorzystaniem przewodów równoległych

Funkcje urządzenia. Możliwości diagnostyczne.

W celu umożliwienia optymalnego zdiagnozowania pojazdu urządzenie ADP 186 udostępnia użytkownikowi protokoły diagnostyczne sterowane zarówno automatycznie jak i ręcznie. Można wybrać między pomiarami równoległymi i szeregowymi (OBD/OBDII/EOBD) oraz wykorzystywać oscyloskop i multimetr.

W zależności od modelu i wyposażenia pojazdu można obsługiwać i diagnozować następujące systemy/układy:

- silnik (zapłon – ZI , wtrysk – ZS),
- poduszka powietrzna – Air-bag,
- układ przeciwblokujący hamulców ABS,
- automatyczna klimatyzacja,
- automatyczna skrzienia biegów,
- elektroniczne zawieszenie,
- układ regulacji siły napędowej ,
- immobilizer,
- instrumentów kontrolnych (zespół wskaźników),
- unkcje komfortu, itd.

funkcje diagnostyczne.

ADP 186 w trybie diagnostyki szeregowej umożliwia (w zależności od marki i modelu) m.in.:

- odczyt parametrów rzeczywistych (bieżących),
- odczyt i kasowanie kodów usterek (DTC),
- podstawowe regulacje, ustawienia i kodowania ECU (sterownika),
- starowanie elementami wykonawczymi aktywacje podzespołów/czujników,
- adaptacje elementów wykonawczych,
- kasowanie lampek sygnalizacji usterek,
- programowanie immobilizera, kodowanie kluczyków,
- inne zależne od marki i modelu.

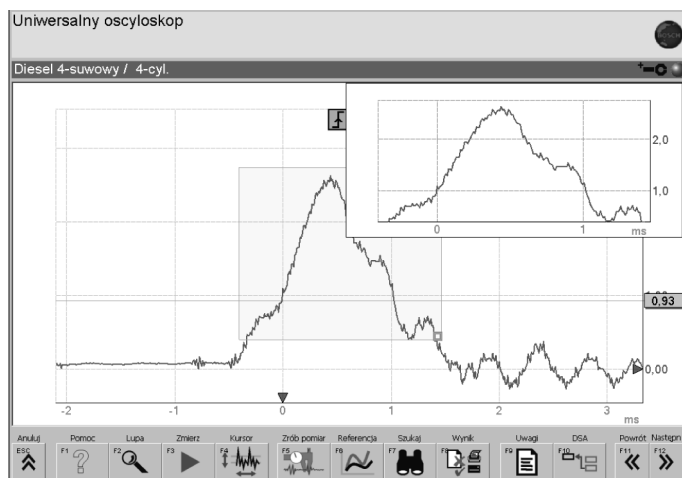
Obsługiwane marki: Alfa Romeo, Lotus, Audi, Maserati, BMW, Mazda, Chevrolet, Mercedes-Benz, Chrysler, Citroen, Mini, Daewoo, Mitsubishi, Daihatsu, Nissan, Ferrari, Opel, Fiat, Peugeot, Ford, Porsche, FSO, Renault, Honda, Rover, Hyundai, Saab, Isuzu, Seat, Jaguar, Skoda, Jeep, Smart, Kia, Subaru, Lamborghini, Suzuki, Lancia, Toyota, Land, Rover, Volkswagen, Lexus, Volvo.

3.7.3. URZĄDZENIA I PRZYRZĄDY AUTOMATYCZNEJ DIAGNOSTYKI ZEWNĘTRZNEJ POJAZDÓW

Podział urządzeń do diagnostyki układów samochodów, wynika ze zróżnicowanego zakresu diagnostyki układów objętych przez systemy diagnostyki pokładowej standardu własnego producenta samochodu lub standardu OBDII/EOBD. Należy pamiętać System diagnostyki pokładowej standardu OBD II/EOBD obejmuje aktualnie tylko zespół napędowy, a zakres jego działania ogranicza się spełnienia wymogów

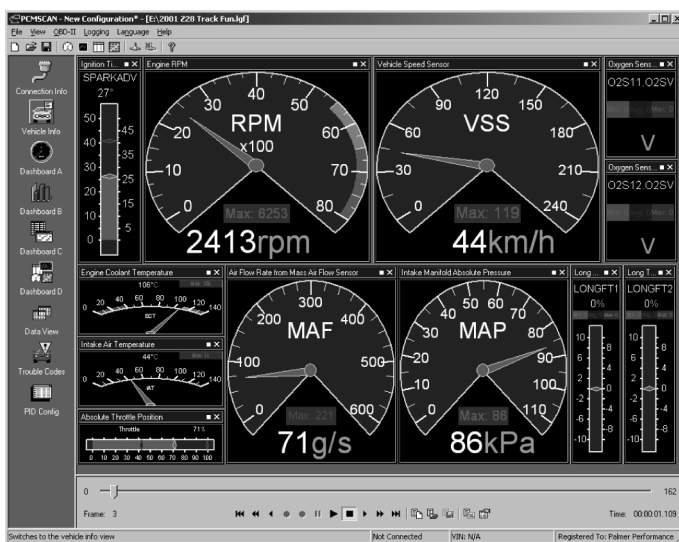
prawa w zakresie określonym przez normy. Natomiast o dostępie do parametrów systemu standardu własnego producenta samochodu, decyduje tylko producent. Z tego powodu urządzenia do diagnostyki zewnętrznej pojazdu najprościej jest podzielić na testery fabryczne, zapewniające pełną i kompleksową komunikację z główną jednostką sterującą, sterownikami poszczególnych systemów jak i wszystkimi czujnikami czy elementami wykonawczymi badanego systemu. Drugą grupę stanowią testery uniwersalne, które bywają równie pomocne podczas szukania usterek oraz ich usuwania w trakcie obsługi i napraw pojazdów, choć często ich możliwości są bardzo ograniczone, zwłaszcza w tanich rozwiązaniach. W większości wypadków ich jakość jest ściśle powiązana z zakresem komunikacji oraz możliwościami ingerencji i dostępu do informacji zapisanych w sterownikach układów. Ostatnią grupę stanowią czytniki informacji, które służą wyłącznie do skanowania systemu diagnostyki pokładowej standardu OBDII/EOBD, a więc obsługujące tylko te funkcje które czuwają nad poziomem emisji toksycznych związków w spalinach.

Najszerzy zakres możliwości diagnostycznych oferują testery diagnostyczne „fabryczne”, przeznaczone dla samochodów określonej marki, czy nawet określonych modeli samochodów. Przy użyciu tych testerów można diagnozować, na podstawie informacji odczytywanych przez złącze diagnostyczne, wszystkie elektronicznie sterowane układy samochodu. Są to np. testery: VAG-1552 i VAS-5051 grupy VW; tzw. Inteligentny Tester Toyoty, Star Diagnosis koncernu Mercedes czy skanery serii Tech, dedykowane pojazdom marki Opel. Warunkiem wykorzystania testerów diagnostycznych „fabrycznych” jest posiadanie odpowiedniego dla danego modelu samochodu oprogramowania. Używają ich głównie serwisy autoryzowane, a rzadko serwisy niezależne, bo same urządzenia oraz nowe wersje oprogramowania dla nich są trudne lub niemożliwe do kupienia. Mogą mieć one też funkcję skanera systemów diagnostyki pokładowej standardu OBD II/EOBD, aby była możliwość odczytywania wszystkich informacji dostępnych w tym systemie, w porządku określonym przez normę.



Rys. 7.6. Ekran urządzenia FSA 7xxx w funkcji oscyloskopu. Bosch.

Testery diagnostyczne uniwersalne to takie, które można zakupić na wolnym rynku. Na podstawie informacji odczytywanych przez złącze diagnostyczne można diagnozować te elektronicznie sterowane układy samochodu, dla których mamy wtyczkę do złącza diagnostycznego i oprogramowanie. Warunkiem porozumienia się uniwersalnego testera diagnostycznego ze sterownikiem diagnozowanego układu np. ABS, w określonym modelu samochodu, jest posiadanie przez tester diagnostyczny odpowiedniego oprogramowania do komunikacji z tym sterownikiem. W przeciwnym razie jest ono całkowicie nieprzydatne, jeśli chodzi o diagnostykę określonego układu, w określonym modelu samochodu, na podstawie informacji odczytywanych za pośrednictwem gniazdka diagnostycznego.



Rys. 7.7 Graficzne przedstawienie mierzonych wartości na przykładzie przyrządu PCMCAN

Podstawowe funkcje diagnostyczne jakie są możliwe do wykonania przez złącze diagnostyczne to:

- odczyt kodów usterek,
- kasowanie kodów usterek z pamięci sterownika,
- kasowanie wskaźników przeglądów serwisowych (opcjonalnie),
- wyświetlenie bieżących parametrów pracy systemu,
- test podzespołów i elementów wykonawczych,
- dopasowanie elementów nastawczych.

Możliwość komunikacji dwustronnej pomiędzy urządzeniem diagnostycznym, a sterownikiem systemu pozwoliła na rozbudowę funkcji kontrolujących takich jak:

- odczyt bieżących parametrów systemu - sterownik poprzez złącze diagnostyczne wysyła na zewnątrz informację o bieżącym stanie sygnałów w systemie, która jest odczytywana i interpretowana przez diagnostykę. Możliwość odczytania parametrów systemu daje diagnoście obraz stanu układów silni-

ka oraz informację o tym co „widzi” sterownik. Często zdarza się, że wartości parametrów wysyłane są z różnymi jednostkami np. wychylenie przepustnicy w jednym systemie podawane jest w postaci napięcia z potencjometru, a w innym procentowo. Mogą też być wysyłane parametry w postaci liczb kodu binarnego, które bez dostępu do dokumentacji serwisowej są bezużyteczne. Problemem urządzeń uniwersalnych są także przekłamania w interpretacji strumienia danych napływających ze sterownika, czego efektem mogą być zupełnie nierealne dane ukazujące się na ekranie. Spowodowane jest to ciągłymi modyfikacjami programu przez producenta i trudnościami w oprogramowaniu testera bez dostępu do protokołów, znanych praktycznie też tylko producentowi sterownika,

- wysterowanie podzespołów wykonawczych - funkcja wykonywana przez złącze diagnostyczne. W praktyce polega to na wybraniu w testerze podzespołu, który zostaje przez sterownik uruchomiony zazwyczaj wielokrotnie. Mogą to być wszelkie zawory, wtryskiwacze, przełączniki i inne, których działanie słychać lub widać. Zdziałanie takiego podzespołu daje pewność, że sam podzespół jest sprawny, a jego połączenie ze sterownikiem nie wykazuje uszkodzeń. Tutaj istnieje jednak niebezpieczeństwo, że np. zawór, który słychać, iż pracuje, zostanie na podstawie tego określony przez jednostkę sterującą jako sprawny. W rzeczywistości może okazać się jednak, że owszem zawór działa, ale nie otwiera się do pozycji pełnego otwarcia. W takich niepewnych przypadkach pozostaje tylko metoda polegająca na wymontowaniu podzespołu i określeniu jego pełnej sprawności innymi metodami np.: badanie na specjalnym stanowisku,
- kasowanie wskaźników – które informują o konieczności odbycia przeglądów serwisowych, czyli tzw. „inspekcji”. Funkcja ta realizowana jest w ramach komunikacji szeregowej przez złącze diagnostyczne.
- regulacja podstawowa – funkcja niezbędna do przeprowadzenia niektórych czynności kontrolnych i regulacyjnych np. regulacja biegu jałowego, ustawienie przepustnicy, przywrócenie ustawień fabrycznych (kasacja ustawień adaptacyjnych). W najnowszych rozwiązaniach konstrukcyjnych pojazdów nie ma możliwości wykonania czynności regulacyjnych bez konieczności wydania odpowiednich poleceń sterownikowi.
- spośród bardziej zaawansowane funkcji można spotkać takie opcje jak programowanie nowych kluczy lub modułów immobilizera.

Testery diagnostyczne systemów diagnostyki pokładowej standardu OBD II/EOBD zdefiniowane w normie ISO 15031-4 muszą automatycznie rozpoznawać standard komunikacyjny sprawdzanego układu sterowania zespołem napędowym. Ponadto tester diagnostyczny musi:

- przekazywać informację o kodach usterek, które powodują zwiększenie emisji szkodliwych składników spalin,

- informować o rzeczywistych wartościach parametrów, na podstawie których można wnioskować, że nastąpiło zwiększenie emisji szkodliwych składników spalin,
- informować o wartościach parametrów, które podają bieżące warunki pracy silnika,
- informować o wartościach charakterystycznych dla sygnału sond, a zmierzonych przez sterownik podczas kontroli ich sygnału,
- umożliwiać kasowanie kodów usterek, które zostały zarejestrowane przez system diagnostyki pokładowej,
- udzielać pomocy osobie obsługującej tester podczas korzystania z niego, przez wyświetlanie tekstów z informacjami pomocy, które są wywoływane np. przez naciśnięcie odpowiedniego przycisku.

Tryby pracy testera diagnostycznego

Norma ISO 15031-5 opisuje sposób pracy testera i sposób prezentacji na ekranie testera diagnostycznego informacji oraz wartości parametrów (tzw. format danych), w jego poszczególnych trybach pracy.

W normie opisanych jest 9 trybów pracy testera diagnostycznego.

Tryb pracy nr 1

Odczyt bieżących wartości parametrów zespołu napędowego:

- analogowe sygnały wejściowe i wyjściowe (np. sygnał sondy lambda, prędkość obrotowa silnika, temperatura płynu chłodzącego silnik itd.)
- cyfrowe (dwustanowe) sygnały wejściowe i wyjściowe (np. informacja z wyłącznika przepustnicy o zamknięciu przepustnicy w pozycji biegu jałowego)
- wyniki obliczeń przeprowadzanych przez program sterownika (np. czas wtrysku)
- informacje o statusie poszczególnych elementów (np. rodzaj zamontowanej skrzyni biegów: automatyczna/sterowana ręcznie, klimatyzacja: zamontowana/nie zamontowana)
- informacje o zastosowanych procedurach monitorujących o działaniu okresowym (gdy spełnione są określone warunki, kontrolują pracę układu i ich elementów) oraz informacje o ich statusie Nie wszystkie podane parametry są możliwe do odczytania w systemach diagnostyki pokładowej standardu OBD II/EOBD.

Tryb pracy nr 2

Odczyt parametrów charakteryzujących warunki pracy zespołu napędowego, które były w momencie rejestracji kodu usterki, informującego o uszkodzeniu wpływającym na emisję toksycznych składników spalin. Te zapamiętane parametry nazywamy „zamrożonymi”.

Tryb pracy nr 3

Odczyt potwierdzonych kodów usterek z pamięci sterowników. Kody te informują o usterekach, które powodują wzrost emisji toksycznych składników spalin. Potwier-

dzony kod usterki informuje o usterce, co do której sterownik ma pewność, że dana usterka wystąpiła.

Tryb pracy nr 4

Kasowanie zapamiętanych w sterowniku kodów usterek oraz związanych z nimi informacji dodatkowych.

Tryb pracy nr 5

Odczyt dla każdej z zamontowanych sond lambda:

- stałych wartości progowych sygnału sondy lambda, pochodzących z programu zawartego w sterowniku, a wykorzystywanych przez program sterownika do interpretacji i oceny sygnału sondy lambda
- wartości zmierzonych, charakterystycznych dla sygnału sondy lambda.

Tryb pracy nr 6

Odczyt informacji o wartościach zmierzonych podczas okresowo wykonywanych testów diagnostycznych. O stosowaniu tych testów i ich rodzaju decyduje producent samochodu.

Tryb pracy nr 7

Odczyt prawdopodobnych kodów usterek z pamięci sterownika. Kody te informują o usterekach, które powodują wzrost emisji toksycznych składników spalin. Prawdopodobny kod usterki informuje o usterce, co do której sterownik ma „wątpliwość”, czy dana usterka wystąpiła.

Tryb pracy nr 8

Funkcje testowe, które umożliwiają testerowi diagnostycznemu przejście kontroli nad danym sterownikiem, w celu sprawdzenia, jak są wykonywane wysyłane polecenia. To, jakie funkcje testowe są dostępne, zależy od producenta samochodu. Może to być tzw. test elementów wykonawczych.

Tryb pracy nr 9

Odczyt informacji o pojeździe, np. numerów kodowych ze sterownika.

Komunikacja, standard przesyłu danych.

Warunkiem poprawnej komunikacji ze sterownikiem badanego systemu jest odpowiednie złącze diagnostyczne, oraz określony sposób transferu danych. System OBDII definiuje normy określające budowę i funkcje zunifikowanego złącza standard przesyłu danych. W systemach diagnostyki pokładowej standardu OBD II została przyjęta komunikacja zgodna z normą ISO 9141-2, jako alternatywa normy SAE J1850. Dopuszczono też standard komunikacyjny KWP 2000, zgodny z normą ISO 14230-4.

W systemach diagnostyki pokładowej są dopuszczone następujące standardy komunikacyjne:

- komunikacja zgodna z normą ISO 9141-2 stosowana przez producentów europejskich – przesył z prędkością 5 bit/s
- komunikacja zgodna z normą ISO 14230-4n (protokół KWP 2000 = Keyword Protocol 2000) stosowana przez producentów europejskich

- komunikacja zgodna z normą SAE J1850 (producenci amerykańscy); dwa rodzaje protokołów
- VPW (prędkość transmisji 10,4 kb/s, stosowany np. przez GM)
- PWM (prędkość transmisji 41,6 kb/s, stosowany np. przez Forda)
- komunikacja zgodna z normą ISO/DIS 15765-4 (protokół CAN 2.0)

Aby komunikacja pomiędzy sterownikiem a testerem diagnostycznym była jednoznaczna i bezpieczna, są określone poziomy parametrów elektrycznych, które odpowiadają stanom logicznym „0” i „1”, zarówno dla transmisji od testera diagnostycznego do sterownika, jak też od sterownika do testera diagnostycznego. Jeśli układy współpracują ze sobą, np. zespół napędowy i układ ABS, to sterowniki tych układów są przyłączone do przewodu wspólnej linii K i do przewodu wspólnej linii L.

Rozróżnia się dwa systemy:

- ✓ jednokierunkowej transmisji danych (tylko w jednym kierunku), z wykorzystaniem linii K lub L, tzn. służy zarówno do przesyłania adresów jak i danych pomiędzy urządzeniem diagnostycznym, a sterownikiem układu. Druga zaś oznaczana literą L jest linią jednokierunkową i umożliwia przesyłanie równocześnie z linią K informacji adresowych, najczęściej do inicjacji połączenia ze sterownikiem.

Sygnal mierzony na liniach przyjmuje dwie wartości: nie mniej niż 90% - HI lub nie więcej niż 10% - LO napięcia zasilania. W ten sposób powstaje przebieg prostokątny, przedstawiony na wykresie i tak wygląda komunikacja na ekranie oscyloskopu. W tym przebiegu jest zakodowana informacja.

- ✓ dwukierunkowej transmisji danych (w obu kierunkach), realizowana jest jednym przewodem magistrali, który określany jest jako BUS+. Wymiana informacji pomiędzy testerem a sterownikiem odbywa się poprzez zmianę napięcia na linii szerokość impulsu zmiennej. Wartość wysokiego napięcia wynosi 6,25-8 V, a niskiego – 0-1,5 V.

Jeśli linia danych znajduje się w stanie wysokim, to kolejnym stanem musi być stan niski. Odróżnienie jedynki od zera logicznego następuje wtedy na podstawie pomiaru czasu trwania stanu przed kolejną zmianą sygnału.

3.7.4. ZINTEGROWANE LINIE DIAGNOSTYKI STACJONARNEJ W BADANIU POJAZDÓW SAMOCHODOWYCH.

Uzupełnieniem diagnostyki pokładowej jest diagnostyka zewnętrzna. Dla pełnego obrazu stanu pojazdu niezbędna jest ocena stanu technicznego na podstawie wskazań badań zewnętrznych silnika, nadwozia, czy zespołów podwozia. Pomiarami takimi mogą być na przykład badania silnika na hamowni, pomiary punktów bazowych pojazdu, czy kontrola układu jezdnego na linii diagnostycznej. Wszystkie te działania we współczesnym wydaniu oparte są na precyzyjnych urzą-

dzeniach pomiarowych wspomaganą technologią informatyczną. Automatyzację procesów diagnozowania pojazdów samochodowych dobrze widać na przykładzie zintegrowanych linii stacjonarnej do diagnostyki zespołów podwozia. Procedura badań zespołów podwozia zależy w szczególności od konstrukcyjnego rozwiązania linii diagnostycznej i warunków poszczególnych testów opisanych w fabrycznej instrukcji obsługi urządzenia, od rozwiązania konstrukcyjnego zastosowanego w badanym modelu a także od konkretnego celu dokonywania badań. Urządzenia przeznaczone do badań mechanizmów podwozia mogą być stosowane indywidualnie lub wchodzić w skład zintegrowanych linii diagnostycznych, tworzących zwarte ciągi funkcjonalne i połączonych wspólnym komputerowym systemem informatyczno sterującym. Komputerowe systemy informatyczne przystosowane do współpracy ze stanowiskami kontroli podwozia i liniami diagnostycznymi mogą korzystać z własnych specjalnych jednostek mikroprocesorowych lub zewnętrznych komputerów PC. Realizują one zwykle następujące funkcje:

- zapewniają odczyt wyników na ekranie monitora i ich wydruk w formie protokołów, a także elektroniczną archiwizację dowolnych danych i ich przetwarzanie (np. w celu porównania rzeczywistych wartości mierzonych z wzorcowymi, odpowiednimi dla danego modelu pojazdu);
- pozwalają na podłączanie do zintegrowanego systemu dodatkowych urządzeń i przyrządów pomiarowych (analizy spalin, testów silnikowych).
- w przejrzysty sposób instruuje użytkownika na temat sposobu i warunków przeprowadzania poszczególnych testów, sugerują procedury postępowania umożliwiające poprawne rozpoznanie przyczyny potencjalnej niesprawności, oraz monitorują efekty dokonanej naprawy lub regulacji.



Rys. 7.8. Przykład linii diagnostycznej.

Główne elementy systemów występujące w liniach diagnostycznych w postaci odrębnych modułów odpowiadają podstawowym funkcjom pomiarowo-kontrolnym, dotyczącym konkretnych zespołów podwozi. Do zakresu tych badań należą obecnie m. in. kontrole:

- skuteczności hamulców,
- tłumienia zawieszenia,
- stanu połączeń elementów zawieszonych
- stanu połączeń elementów układu kierowniczego
- ustawienia kół i osi.

Poszczególni wytwórcy linii diagnostycznych, proponują różne warianty ustawienia urządzeń i ich zabudowy. Różnice wynikają przede wszystkim z przeznaczenia linii, tzn. od tego czy obsługują samochody osobowe, ciężarowe, czy też jest linią uniwersalną. Różna też bywa metoda pomiarowa, jak np. w przypadku kontroli zawieszonych w pojazdach o dmc do 3,5 t. Można tu spotkać urządzenia badające zawieszenie metodą drgań wymuszonych które określają sprawność na podstawie analizy nacisku koła na powietrzną (metoda Eusama), lub analizy drgań w funkcji czasu (metoda Boge). W oferowanych obecnie liniach diagnostycznych poszczególne moduły pomiarowe montowane są w następującej kolejności:

1. Kontrola geometrii – test uślizgu bocznego.

Uślizg boczny jest to odchylenie linii swobodnego toczenia się koła od wypadkowej toru ruchu całego pojazdu. Wartość uślizgu przekraczająca dopuszczalne normy świadczy o nieprawidłowej zbieżności kół danej osi. Oznacza to konieczność przeprowadzenia dokładnych pomiarów specjalnym przyrządem do sprawdzania geometrii kół, następnie dokonania niezbędnych napraw i regulacji.

2. Ocena skuteczności tłumienia zawieszenia metodą drgań wymuszonych, tzw. test amortyzatorów.

W celu wykonania badania umożliwiającego w krótkim czasie określenia skuteczności tłumienia zawieszenia wykorzystuje się metodę drgań wymuszonych. W przypadku metody Eusama, program badania najpierw mierzy statyczne obciążenia poszczególnych kół, a potem wprawia płyty w drgania symulujące różne prędkości jazdy po nawierzchniach o różnej gładkości. Zależnie od stanu zawieszonych, a szczególnie amortyzatorów, koła w mniejszym lub większym stopniu tracą kontakt z podłożem, podskakując na symulowanych wybojach. Porównanie wartości średniej nacisków z naciskiem statycznym, pozwala obliczyć w procentach dynamiczną przyczepność oddzielnie dla każdego koła. Wyniki mogą być wyświetlane na ekranie monitora w formie wykresów, zarchiwizowane w pamięci komputera, bądź wydrukowane. W przypadku metody Boge, stan techniczny zawieszenia określa się przez porównanie wykresów drgań z charakterystykami wzorcowymi dla danego pojazdu. Program rejestruje amplitudę drgań płyty najazdowej w funkcji czasu i ocenia podwójną amplitudę w strefie rezonansu, oraz różnicę wartości amplitud między stronami badanej osi pojazdu.

3. Kontrola hamulców.

Najczęściej spotykane są urządzenia rolkowe które poza podstawową funkcją jaką jest pomiar maksymalnej siły hamowania umożliwiają ocenę oporów toczenia poszczególnych kół, z równoczesnym wskazaniem wielkości odchyżeń od stanów dopuszczalnych. Popularne „rolki” pozwalają również na wstępną ocenę owalizacji bębnow lub bicia tarcz hamulcowych. Wyniki pomiarów w czasie rzeczywistym przedstawiane są na ekranie monitora w formie czytelnych wykresów

lub bezwzględnych wartości. Specjalny algorytm umożliwia wyliczenie wskaźnika skuteczności hamowania, ocenia różnicę sił hamowania pomiędzy kołami jednej osi, wylicza procentowy udział poszczególnych osi w procesie hamowania, oraz sugeruje zbiorczą ocenę stanu układu hamulcowego. Graficzny sposób prezentacji wykresów siły hamowania kół w funkcji czasu w czytelny sposób pozwala przeanalizować nie tylko ostatecznie uzyskane siły, lecz także istotną dla bezpieczeństwa jazdy płynność i stabilność sił hamowania. W zależności od wersji i modelu urządzenia, funkcję stanowiska do badania hamulców często bywają też rozszerzone o: układ wagowy, urządzenie dociągający osie pojazdu, czujniki do pomiaru ciśnienia w instalacji pneumatycznej, miernik siły nacisku na pedał hamulca, układ rolek wolnobieżnych. Uzupełnieniem urządzenia jest specjalna nakładka umożliwiająca kontrolę hamulców w motocyklach.

4. Ocena stanu luzów sworzni i połączeń kulistych w zawieszeniu i układzie kierowniczym.

W celu określenia luzów w elementach zawieszenia i układu kierowniczego stosuje się urządzenie do wymuszania szarpnięć kołami jezdnyimi.



Rys. 7.9. Urządzenie do wymuszania szarpnięć kołami.

Urządzenie składa się z dwóch płyt najazdowych zwanych szarpakami oraz siłowników wymuszających ruch tych płyt. Zależnie od rozwiązania stosuje się napędy pneumatyczne lub hydrauliczne. Badanie luzów w elementach zawieszenia i układu kierowniczego odbywa się po ustawieniu pojazdu kołami na przesuwanych płytach szarpaka, przez przesuwanie płyt najazdowych w czterech kierunkach, z jednoczesną obserwacją sprawdzanych kontrolowanych przegubów, sworzni i łożysk.

W uzupełnieniu wyposażenia linii diagnostycznych umieszcza się, coraz częściej współpracujące z systemem informatycznym, przyrząd do sprawdzania i regulacji świateł oraz analizator spalin i dymomierz. Przyrząd do kontroli świateł umożliwia ich kontrolę i regulację ustawienia oraz pomiar światłości i natężenia

oświetlenia. Wieloskładnikowy analizator spalin służy do pomiaru: CO, CO₂, HC, O₂ oraz współczynnika λ w silnikach o zapłonie iskrowym. Dymomierz absorpcyjny określa stopień zadymienia spalin w silnikach wysokoprężnych. Przyrządy te umożliwiają ponadto pomiar prędkości obrotowej silnika i temperatury oleju oraz są wyposażone w drukarki rejestrujące wyniki badań.

Literatura.

1. J. Merkiś, St. Mazurek Pokładowe systemy diagnostyczne pojazdów samochodowych. Wydawnictwa Komunikacji i Łączności Warszawa 2002
2. Jerzy, Michał Gładysek Poradnik diagnostyki samochodowej - diagnoskop silnikowy Bosch z serii FSA 7XX. Poradnik firmy Bosch. 2009
3. K. Trzeciak Diagnostyka samochodów osobowych Wydawnictwa Komunikacji i Łączności Warszawa 2002
4. K. Sitek, S. Syta Badania stanowiskowe i diagnostyka Wydawnictwa Komunikacji i Łączności Warszawa 2011
5. Rokosch Uwe - Układy oczyszczania spalin i pokładowe systemy diagnostyczne samochodów Wydawnictwa Komunikacji i Łączności Warszawa 2008
6. Nowoczesny Warsztat nr 08/2005 - Diagnostyka samochodowych układów elektronicznych
7. Poradnik Serwisowy 4/2010 - Pokładowe systemy diagnostyczne obd i eobd oraz sieci transmisji danych wybrane zagadnienia - część 1
8. Elektronika Praktyczna nr 1/2000 - Magistrala CAN, część 1
9. Program „Bosch ESItronic” wer. 2007
10. <http://www.bosch.pl>
11. <http://www.wsop.pl/produkty/katalog-produktow/diagnostyka-i-elektronika/testery-diagnostyczne-dla-samochodow-osobowych/autocom-adp-186/>
12. <http://carplugs.com/blog>

