

Elementy układu klimatyzacji (działanie, przyczyny niesprawności, sprawdzanie)

5.1. Sprężarka

Sprężarki układów klimatyzacji można sklasyfikować według rodzaju napędu, budowy oraz sposobu regulacji wydatku. Sprężarki napędzane paskiem, montowane w samochodach z silnikami spalinowymi, mogą być tłokowe rzędowe (zwykle stosowane w autobusach) lub łopatkowe (działające tak, jak pompy łopatkowe paliwa). W samochodach osobowych i dostawczych te dwa typy są jednak rzadko spotykane, dlatego nie będą dalej omawiane w książce. W pojazdach takich montuje się natomiast sprężarki tłokowe osiowe ze skośną tarczą wychylną – o stałym lub samoczynnie zmiennym wydatku, a w ostatnich latach również sterowane elektrycznie. W niektórych samochodach spotyka się też sprężarki spiralne; często są to pojazdy o napędzie hybrydowym i elektrycznym, więc i sprężarki te są wówczas napędzane nie za pośrednictwem przekładni pasowej, lecz elektrycznie.

Smarowanie zarówno sprężarek tłokowych osiowych z wychylną tarczą, jak i elektrycznych spiralnych odbywa się za pomocą oleju sprężarkowego. Krąży on w układzie klimatyzacji wraz z czynnikiem chłodniczym, tworząc w nim zawieszinę w postaci kropeł.

5.1.1. Sprężarka tłokowa osiowa

W przypadku sprężarek osiowych zasysania, sprężania i tłoczenia czynnika chłodniczego dokonuje kilka tłoków ułożonych wokół osi sprężarki i poruszających się ruchem posuwisto-zwrotnym równoległe do tej osi. Zależnie od typu

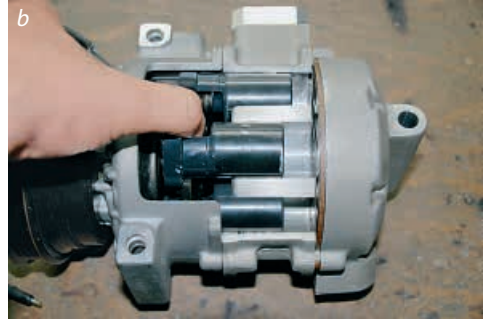
sprężarki tłoków tych jest pięć lub siedem. Ruch tłoków jest wynikiem obracania się połączonej z nimi przesuwnie tarczy wychylnej. Tłoki mogą stykać się z tarczą wychylną bezpośrednio (a właściwie jedynie przez kamienie ślizgowe – patrz rys. 5.1), jednak w sprężarkach o zmiennym wydatku są one najczęściej połączone na stałe z nieruchomą tarczą pośrednią, łożyskowaną ślizgowo na obracającej się tarczy wychylnej o regulowanym kącie nachylenia (patrz rys. 5.4).

Ponieważ tarcza wychylna jest zamontowana na wałku sprężarki nie prostopadle do jego osi, ale ukośnie, „czysty” ruch obrotowy jest wykonywany tylko przez jej środek. Natomiast wszystkie inne jej punkty, a zwłaszcza te na obwodzie, oprócz obrotu wokół osi wałka oscylują wzdłuż tej osi, dzięki czemu tłoki w cylindrach wykonują ruch posuwisto-zwrotny. Ruch ten pozwala na zasysanie i tłoczenie czynnika chłodniczego; wytworzone ciśnienie, zależnie od typu sprężarki i osiąganego mocy, wynosi od 0,6 do 2 MPa. Na wypadek, gdyby np. z powodu cofania się czynnika chłodniczego wytworzyło się w sprężarce zbyt wysokie ciśnienie, w jej obudowie znajduje się zawór przelewowy (bezpieczeństwa), który otwiera się przy wartości, wynoszącej (zależnie od wykonania) od 3 do 4 MPa. Zawór zamyka się po spadku ciśnienia. **(Uwaga!** Podane wartości są orientacyjne i mogą się wahać w zależności od modelu samochodu i rodzaju sprężarki).

Sprężarka osiowa o stałym wydatku

W przypadku sprężarek osiowych bez możliwości sterowania wydatkiem kątem nachylenia tarczy wychylnej w stosun-

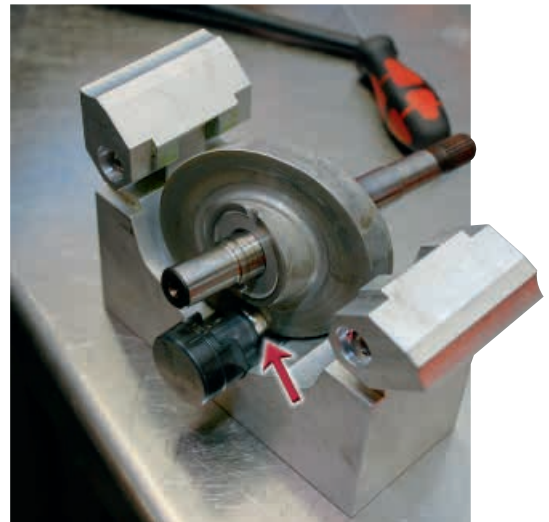
5 Elementy układu klimatyzacji (działanie, przyczyny niesprawności, sprawdzanie)



Rys. 5.1

Sprężarka z tarczą wychylną o kącie nachylenia zmiennym w stosunku do wałka napędowego. Położenie (a) umożliwia mały skok tłoków. Kąt nachylenia tarczy przedstawiony na rysunku (c) zapewnia duży skok. W sprężarce na zdjęciach tłoki są połączone z tarczą wychylną za pośrednictwem kamieni ślizgowych

ku do osi wałka napędowego jest stały. W rezultacie skok tłoków oraz ilość czynnika chłodniczego pompowana w jednym cyklu również są stałe. Sprężarki takie są napędzane paskiem, a koło pasowe łączy się z wałkiem sprężarki za pośrednictwem sprężęta elektromagne-



Rys. 5.3

Przedstawiona na zdjęciu tarcza wychylna sprężarki o stałym wydatku ma kąt nachylenia stały w stosunku do osi wałka napędowego. Między tłokiem a tarczą znajduje się kamień ślizgowy (pokazany strzałką)



Rys. 5.2

Zawór przelewowý sprężarki otwiera się, gdy ciśnienie przekroczy wartość 3...4 MPa

tycznego. Poprzez okresowe załączanie i rozłączanie sprzęgła można regulować ilość tłoczonego czynnika chłodniczego i wydajność chłodzenia – np. długa faza załączenia i krótka rozłączenia będą skutkować dużą ilością tłoczonego czynnika. Takie sprężarki są już jednak obecnie nieco przestarzałe; można je napotkać przeważnie w starszych samochodach bez automatycznego sterowania klimatyzacją, ewentualnie w samochodach małych.

Sprężarka osiowa z samoczynną regulacją wydatku

W przypadku takich sprężarek nachylenie tarczy wychylnej jest zmienne, w wyniku czego skok tłoków (rys. 5.1) oraz ilość tłoczonego czynnika chłodniczego mogą być regulowane. Sprężarka jest wyposażona w mechaniczny zawór sterujący, który reguluje różnicę ciśnień w komorach pod i nad tłokami. Położenie tarczy wychylnej zmienia się odpowiednio do tej różnicy. Sprężarka pompuje tylko tyle czynnika chłodzącego, ile jest konieczne w celu osiągnięcia żądanej temperatury. Nie jest tu potrzebne ciągłe rozłączanie i załączanie sprzęgła elektromagnetycznego między kołem pasowym a wałkiem sprężarki, jak to ma miejsce w sprężarce o stałym wydatku.

Nawet jeśli pasażerowie samochodu nie chcą chłodzenia wnętrza pojazdu, to

i tak sprężarka nie wyłącza się całkowicie, lecz znacznie zmniejsza swój wydatek. W przypadku jednego z programów Volkswagena jest to np. redukcja do 40% wydatku.

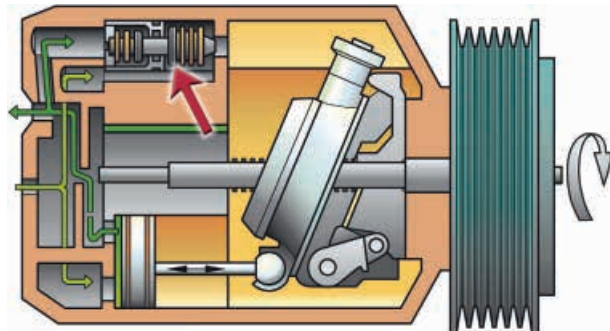
Zaletą takiej sprężarki jest fakt, że dzięki jej ciągłej pracy nie dochodzi do odkładania się osadów z oleju smarującego, co z kolei znacznie zmniejsza problemy ze smarowaniem po włączeniu długo niepracującej klimatyzacji (np. po okresie zimowym, w którym klimatyzacja nie była używana). Dzięki temu podwyższa się trwałość sprężarki. Poza tym brak ciągłego włączania i wyłączania sprzęgła to unikanie uderzeń (zmian w poborze mocy), co jest istotne w przypadku samochodów o małej mocy silnika.

Sprężarka osiowa o wydatku regulowanym elektrycznie

Od pewnego czasu w samochodach z klimatyzacją sterowaną automatycznie stosuje się sprężarki o wydatku regulowanym elektrycznie. Miejsce mechanicznego zaworu sterującego, używanego w konwencjonalnych sprężarkach o zmiennym wydatku, zajmuje w nich zawór elektryczny sterowany sygnałem PWM (ang. *pulse-width modulation* – sterowanie szerokością impulsu). Jeśli współczynnik trwania impulsu (stosunek czasu trwania impulsu do okresu przebiegu) wzrasta, rośnie też ilość tłocz-

Rys. 5.4

W sprężarce z samoczynną regulacją wydatku zawór sterujący (pokazany strzałką) reguluje różnicę ciśnień w komorach pod i nad tłokami, a więc także kąt nachylenia tarczy wychylnej w stosunku do osi wałka sprężarki oraz skok tłoków, a w konsekwencji ilość tłoczonego czynnika chłodniczego (Źródło: Volkswagen)



nego czynnika chłodniczego. Ponieważ wielu producentów (Opel, Audi, Citroën, Volkswagen i in.) łączy wałek napędowy sprężarki z kołem pasowym nie za pośrednictwem sprzęgła elektromagnetycznego, tylko na stałe, za pomocą tzw. zespołu koła pasowego, mówi się w tym przypadku o sprężarkach bezsprzęgłowych. Oczywiście taka sprężarka będzie włączona nawet wtedy, gdy kierowca wciśnie na panelu sterowania przycisk wyłączenia klimatyzacji lub przejścia na ekonomiczny tryb pracy; znacznie zmniejszy się wówczas jedynie ilość tłoczonego czynnika (do ok. 5%), tak, że sprężarka nie będzie prawie wcale pobierać mocy. Towarzyszy temu niskie zużycie paliwa przez silnik.

Spotyka się jednak sprężarki sterowane elektrycznie, w których występuje także sprzęgło elektromagnetyczne (np. w samochodzie BMW 116d). Jeśli kierowca wciśnie na panelu sterowania przycisk wyłączenia klimatyzacji lub przejścia na tryb ekonomiczny, rozłącza się sprzęgło i sprężarka nie pracuje. W przypadku takich sprężarek producent przewidział możliwość zabezpieczenia przed niedostatecznym smarowaniem, co mogłoby być wynikiem krążenia zbyt

małej ilości oleju przy nastawionej niskiej mocy klimatyzacji. Wtedy urządzenie sterujące rozłącza sprzęgło, wyłączając słabo smarowaną sprężarkę.

Sprawdzanie zespołu koła pasowego /sprzęgła przeciążeniowego

Sprężarki bezsprzęgłowe są wyposażone w łączniki zapobiegające przeciążeniom lub w cierne sprzęgło przeciążeniowe*. Zadaniem tych elementów jest zapobieżenie zatrzymaniu koła pasowego przy zablokowanej sprężarce. Łącznikami zabezpieczającymi przed przeciążeniem mogą być cienkie metalowe mostki, łączące koło pasowe z piastą (rys. 5.6) lub gumowe elementy, nawulkanizowane na koło i piastę (rys. 5.7); w przypadku przeciążenia takie łączniki urywają się. Jeśli koło i piasta są połączone ciernym sprzęgłem przeciążeniowym (patrz rys. 5.8), przy zablokowaniu sprężarki sprzęgło zaczyna się ślizgać, zapewniając kołu możliwość obrotu.

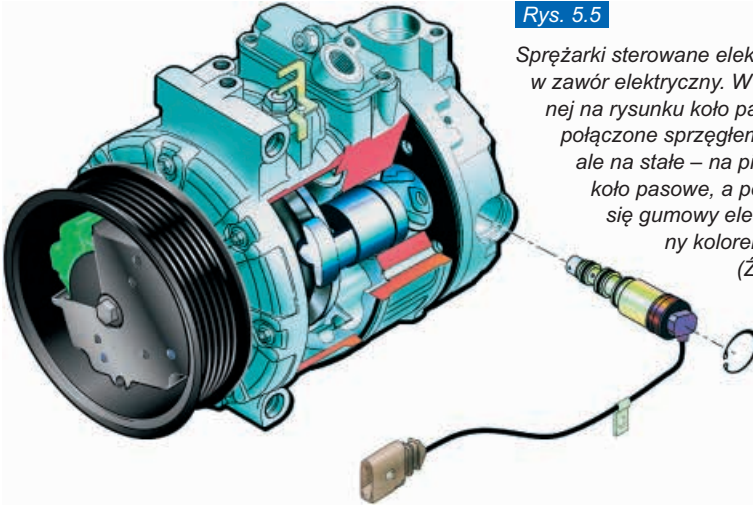
Zerwanie łączników można stwierdzić w wyniku zwykłych oględzin wzrokowych. W przypadku sprzęgła ciernego należy sprawdzić, czy przy zablokowanym wałku sprężarki można obracać kołem pasowym – jeśli tak, należy usunąć przyczynę blokady wałka lub wymienić sprzęgło.

Budowa i działanie sprzęgła elektromagnetycznego

Sprzęgło elektromagnetyczne składa się z koła pasowego, piasty z płytką sprężystą oraz cewki elektromagnetycznej. Z reguły wszystkie te elementy dają się oddzielnie wymontować ze sprężarki i zamontować na niej. Piasta jest połączona z wałkiem sprężarki za pomocą wielowypustu. Skuteczne sprzęgnięcie

Uwaga. Według informacji technicznej firmy Behr/Hella sprężarki bezsprzęgłowe powinny pracować tylko przy zamkniętym (szczelnym) i napełnionym układzie klimatyzacji. W przeciwnym przypadku sprężarka może ulec uszkodzeniu wskutek niedostatecznego smarowania i przegrzania. Jeśli jednak istnieje potrzeba włączenia silnika, jego prędkość obrotowa nie powinna przekraczać 2500 obr/min, a w sprężarce powinno znajdować się przynajmniej 25% całkowitej ilości oleju w układzie.

* Sprzęgło przeciążeniowe nie jest rozłączane w normalnym trybie pracy – nie należy mylić go ze sprzęgłem elektromagnetycznym napędu sprężarki (przytłum.)



Rys. 5.5

Sprężarki sterowane elektrycznie są wyposażone w zawór elektryczny. W sprężarce przedstawionej na rysunku koło pasowe i wałek nie są połączone sprzęgłem elektromagnetycznym, ale na stałe – na piastę wałka jest nałożone koło pasowe, a pomiędzy nimi znajduje się gumowy element tłumiący, zaznaczony kolorem zielonym
(Źródło: Volkswagen)

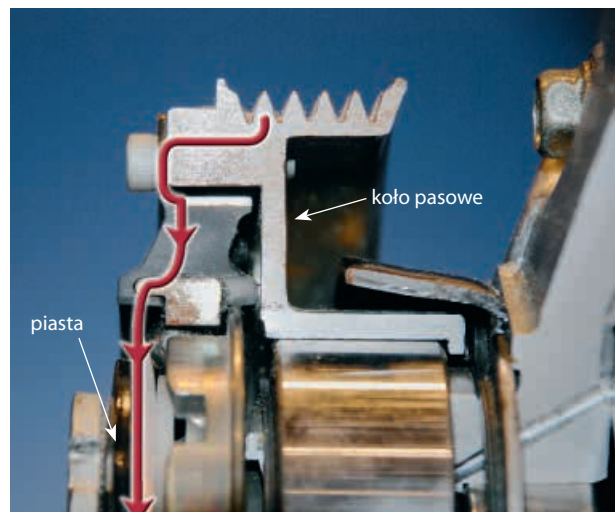
Rys. 5.6

Zerwane mostki metalowe (pokazane strzałką)



Rys. 5.7

W przedstawionym na zdjęciu zespole koła pasowego przepływ mocy od koła do piasty osadzonej na wałku sprężarki następuje przez gumową wkładkę. Jeśli sprężarka się blokuje, wkładka zostaje zerwana i koło może obracać się swobodnie



Sterowanie elektryczne i elektroniczne (czujniki, działanie, zadania, diagnostyka)

6.1. Podstawowe zasady sterowania

Do sprawnego działania klimatyzacji jest konieczny nie tylko prawidłowo działający obieg czynnika chłodniczego, ale także odpowiednia kontrola jego pracy oraz właściwe sterowanie. Zwłaszcza samochody z klimatyzacją automatyczną wymagają skomplikowanych układów elektrycznych i elektronicznych.

Wielkości podlegające sterowaniu oraz sygnały sterujące

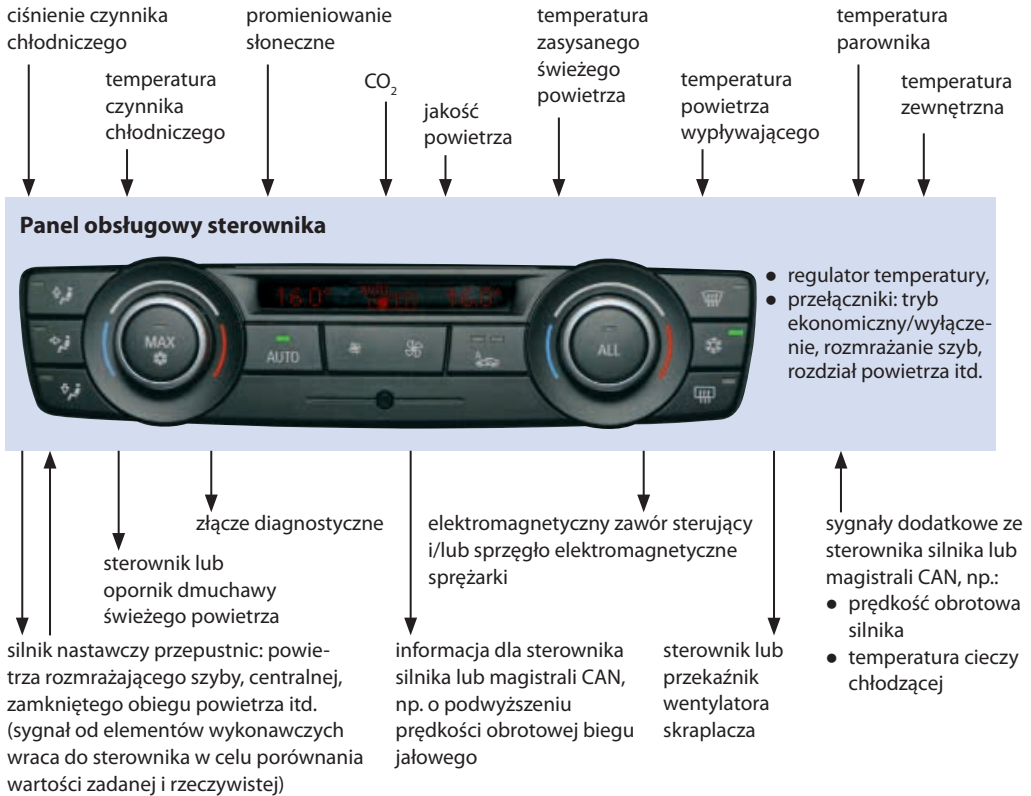
Aby układ klimatyzacji mógł zapewnić wymaganą przez kierowcę i nastawioną na panelu sterowania wydajność chłodzenia oraz aby działał bezawaryjnie, sterownik klimatyzacji musi otrzymywać sygnały z czujników temperatury wewnątrz i na zewnątrz pojazdu oraz temperatury i/lub ciśnienia czynnika chłodniczego. Na podstawie tych informacji jest ustalana potrzebna objętość tłoczonego czynnika oraz – zależnie od rodzaju zastosowanej sprężarki – odbywa się sterowanie jej sprzęgła elektromagnetycznego albo zaworu sterującego.

Sygnały dotyczące ciśnienia i temperatury czynnika chłodniczego służą ponadto do zabezpieczenia układu przed uszkodzeniem. Jeśli bowiem wartości te, mimo już włączonego wentylatora skraplacza, przekroczą określoną wartość – np. z powodu usterki w układzie – klimatyzacja (tzn. sprężarka) zostaje wyłączona. Jeżeli ciśnienie w układzie jest zbyt niskie, układ również jest wyłączany: w ten sposób zapobiega się przegrzaniu sprężarki i jej niedostatecznemu smarowaniu.

Czujnik temperatury (wraz z wyłącznikiem) na parowniku spełnia podobne zadanie. Jeżeli zarejestruje on na lamelkach parownika albo w obudowie urządzenia klimatyzacyjnego zbyt niską temperaturę (poniżej -1°C), powoduje wyłączenie sprężarki. Działanie układu w ujemnej temperaturze wywołałoby zamrażanie wilgoci osadzonej na parowniku, co osłabiłoby intensywność wymiany ciepła między opływającym parownik powietrzem a przepływającym przez parownik czynnikiem chłodniczym. Powstałoby wówczas niebezpieczeństwo, że czynnik chłodniczy otrzyma za mało ciepła i nie odparuje całkowicie, co z kolei spowodowałoby zassanie przez sprężarkę częściowo ciekłego czynnika i efekt uderzenia cieczy.

Czujniki wykrywające temperaturę powietrza zasysanego oraz wpływającego do przedziału pasażerskiego służą przede wszystkim do sterowania odpowiednimi przepustnicami zamykającymi i otwierającymi dopływ powietrza. Oprócz tego przekazują wielkości korygujące w celu dokładniejszej i skuteczniejszej regulacji objętości tłoczonego czynnika chłodniczego oraz temperatury wnętrza pojazdu, przez co przyczyniają się do zwiększenia komfortu jazdy. Cel ten jest w pełni osiąganym dzięki dodatkowym czujnikom – natężenia promieniowania słonecznego, zawartości dwutlenku węgla oraz jakości powietrza (patrz odpowiednio podrozdz. 6.5, 6.6 i 6.7).

Dodatkowe dane sterownik klimatyzacji otrzymuje ze sterownika silnika – za pośrednictwem magistrali wymiany danych CAN albo bezpośrednio. Może to być (jak np. w Volkswagencie Golfie IV) informacja o temperaturze silnika i cie-



Rys. 6.1

Możliwe wielkości sterujące i sygnały wyjściowe układu automatycznej klimatyzacji. Na rysunku przedstawiono ważne czujniki i elementy wykonawcze, które mogą być zastosowane do sterowania klimatyzacją w samochodzie. Oczywiście nie wszystkie z tych elementów zawsze występują w układzie; zależy to od jego wykonania i wyposażenia. Na przykład, mimo że w większości samochodów z automatyczną klimatyzacją jest zamontowany czujnik ciśnienia czynnika chłodniczego, zamiast niego można spotkać czujnik temperatury czynnika, a nawet oba czujniki naraz

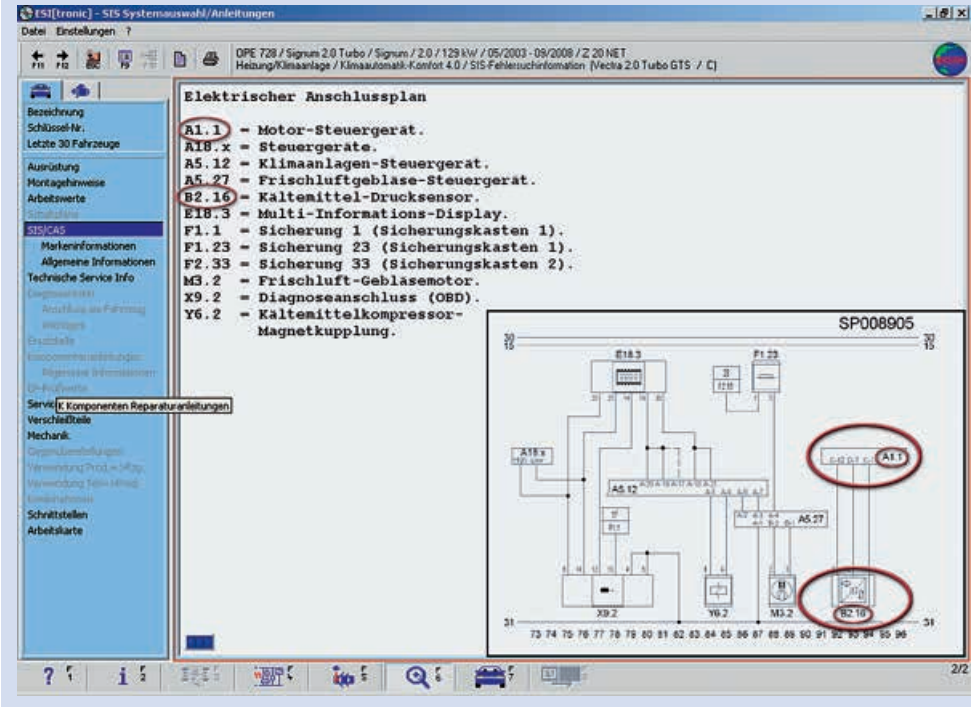
czy chłodzącej, przekazywana do sterownika wentylatora skraplacza. Jeżeli tego sygnału brak albo gdy jego wartość leży w niewłaściwym zakresie, nie jest możliwe prawidłowe sterowanie wentylatorem skraplacza. W rezultacie sterownik automatycznie wyłącza klimatyzację lub przełącza ją na pracę w trybie awaryjnym – ze zmniejszoną wydajnością.

Wyłączenie układu klimatyzacji przy temperaturze otoczenia poniżej 3...5°C

(zależnie od producenta) również służy jego ochronie przed uszkodzeniem. W takich warunkach powstaje bowiem niebezpieczeństwo oblodzenia parownika. Układ klimatyzacji wyłącza się też wtedy, gdy czujnik temperatury nie działa w ogóle. Aby uniknąć podobnych sytuacji, producenci samochodów wprowadzają do pamięci sterownika pewną wartość odniesienia (awaryjną – nie 5°C, ale np. 10°C), albo tak projektują układ

Uwaga. Podczas diagnozowania problemu należy pamiętać, że czujnik ciśnienia – zależnie od sterowania układem – może być połączony nie tylko ze sterownikiem klimatyzacji, ale także ze sterownikiem silnika. Przypadek taki przedstawiono na przykładowym schemacie połączeń systemu Bosch ESItronic dla samochodu Opel Signum.

Rys. 6.2

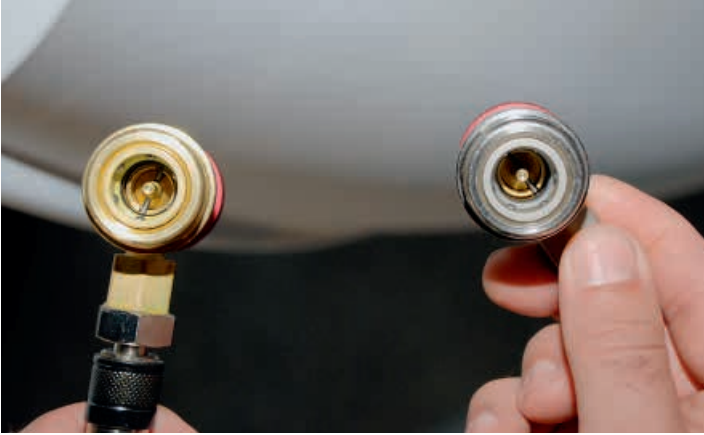


elektroniczny, aby jako wartość zastępczą przyjmował sygnał z czujnika powietrza zasysanego. Z reguły jedna z tych możliwości kompensuje niesprawność czujnika temperatury zewnętrznej, tak więc klimatyzacja może pracować dalej, chociaż z mniejszą wydajnością, w awaryjnym trybie pracy.

Aby zarówno przy włączonej, jak i wyłączonej klimatyzacji silnik samochodu równomiernie i cicho pracował na biegu jałowym przy jednej i tej samej wartości prędkości obrotowej, sterownik klimatyzacji dostarcza odpowiednie dane sterownikowi silnika. Jeśli sterownik silnika otrzyma informację, że klimatyzacja jest

włączona, prędkość obrotowa biegu jałowego zostaje podwyższona przez odpowiednie dostosowanie kąta wyprzedzenia zapłonu albo zmianę ustawienia otwarcia przepustnicy lub czasu wtrysku. W przeciwnym razie pobór mocy przez sprężarkę klimatyzacji spowodowałby spadek prędkości biegu jałowego.

Uwaga. Opisana powyżej zasada działania układu regulacji ma charakter ogólny. Zależnie od producenta i modelu samochodu wartości wielkości sterujących mogą się różnić, a niektórych z nich układ sterowania może nie uwzględniać w ogóle. To samo dotyczy wartości zastępczych i sygnałów nadmiarowych (re-

**Rys. 7.6**

Rozmiary złączy urządzeń do obsługi klimatyzacji pracującej z czynnikiem R1234yf i z czynnikiem R134a różnią się, dlatego nie ma tu możliwości pomyłki. W momencie zbierania materiałów do książki były dostępne tylko prototypy złączy do układów z czynnikiem R1234yf (z prawej), które nie odpowiadają rzeczywistym rozwiązaniom

7.4. Przepisy bhp podczas pracy z czynnikami chłodniczymi R134a i R1234yf

Zarówno podczas prac przy układzie klimatyzacji, jak też i odnośnie do postępowania z czynnikami chłodniczymi R134a i R1234yf (np. przy wymianie) obowiązują przepisy bhp. Rozporządzenie unijne EG 307/2008 wymaga, aby pracownicy wykonujący te czynności byli odpowiednio przeszkoleni i certyfikowani. Muszą oni np. wiedzieć, że z butlami z czynnikiem chłodniczym należy obchodzić się tak, jak ze zbiornikami wysokociśnieniowymi – z powodu niebezpieczeństwa wybuchu nie mogą znajdować się w temperaturze powyżej 50°C. W Polsce trwają (koniec 2012 r.) prace nad odnośnymi przepisami.

Czynniki chłodnicze nie mogą być ze sobą mieszane. Ponadto układ klimatyzacji należy napęlić takim czynnikiem, jaki jest przewidziany przez producenta samochodu.

Dodatkowo należy przestrzegać następujących zaleceń dotyczących bezpieczeństwa.

- Ponieważ czynnik chłodniczy intensywnie paruje, a więc odbiera ciepło, w kontakcie ze skórą może powodować odmrożenia. Dlatego podczas podłączania i odłączania złączy obsługowych należy nosić okulary ochronne, rękawice i odzież z długimi rękawami. Zalecenia te dotyczą także czynności przelewania czynnika oraz pracy przy otwartym układzie klimatyzacji, a także ogólnie sytuacji, w których istnieje możliwość kontaktu z czynnikiem chłodniczym. W pewnych warunkach czynnik chłodniczy w powiązaniu z wilgocią i innymi materiałami (np. granulatem z filtra osuszacza) może przekształcać się w substancje agresywne (np. kwas krzemowy), dlatego w takim przypadku powstaje nie tylko niebezpieczeństwo odmrożenia, ale i podrażnienia skóry.
- Jeśli czynnik chłodniczy dostanie się do oczu lub na skórę, podrażnione miejsca należy jak najszybciej prze-

Uwaga. Czynnika chłodniczego R134a nie można wlewać do układu klimatyzacji przystosowanego do pracy z czynnikiem R1234yf i na odwrót!



Rys. 7.7

Podczas odłączania i podłączania złączy obsługowych, a także przy innych pracach prowadzonych na otwartym układzie klimatyzacji są wymagane okulary i rękawice ochronne oraz odzież z długimi rękawami (Źródło: Waeco)

myć obficie wodą, a w razie potrzeby skontaktować się z lekarzem.

- Należy unikać wdychania oparów czynnika chłodniczego. Stężone opary czynnika mogą powodować bóle głowy, nudności, a nawet utratę przytomności.
- Czynnik R1234yf należy traktować jako łatwopalny (w świetle obowiązujących przepisów przeciwpożarowych). Z tego powodu w warsztacie musi być zapewniona odpowiednia wymiana powietrza – przyjmuje się, że w ciągu godziny powinna zostać wymieniona cała objętość powietrza w warsztacie, zaś w różnego typu zagłębieniach (np. kanały) wymiana powietrza musi nastąpić trzykrotnie w ciągu godziny.

Niedopuszczalne jest też zbliżanie się do czynnika R1234yf z otwartym ogniem oraz źródłami iskier, jak np. łuk elektryczny wytwarzany podczas prac spawalniczych.

- Czynnik R1234yf wytwarza i emituje podczas pożaru silnie trujący kwas fluorowodorowy. Środek ten w razie podrażnienia skóry na obszarze równym zaledwie wielkości dłoni może doprowadzić do śmierci, nie pozostawiając przy tym żadnych zewnętrznych obrażeń. Szczególnie niebezpieczne jest, że ból po kontakcie z tym kwasem pojawia się dopiero po kilku godzinach.
- Postępowanie z czynnikiem R134a jest regulowane przez ogólnie znane przepisy ochrony przeciwpożarowej.