MAHLE

Chłodzenie w pojazdach

Podręcznik dla warsztatów

BEHR®

Czym jest zarządzanie temperaturą?

Zarządzanie temperaturą ma na celu zapewnienie optymalnej temperatury silnika we wszystkich warunkach pracy oraz ogrzewanie i chłodzenie wnętrza pojazdu. Nowoczesny system zarzą- dzania temperaturą składa się zatem z komponentów układu chłodzenia silnika oraz klimatyzacji.

Komponenty tych dwóch zespołów, które oddziałują na siebie nawzajem, często tworzą jedną całość. W tym podręczniku prezentujemy nowoczesne systemy chłodzenia oraz ich schematy techniczne. Omawiamy również zasadę działania, przyczyny awarii, cechy szczególne i możliwości diagnostyczne.

Wyłączenie odpowiedzialności i prawa autorskie do zdjęć

Informacje zawarte w niniejszym dokumencie zostały opracowane przez wydawcę m.in. na podstawie danych udostępnionych przez producentów i importerów pojazdów. Dołożono wszelkich starań, aby zapewnić dokładność podawanych informacji. Wydawca nie ponosi jednak odpowiedzialności za ewentualne błędy i ich konsekwencje. Dotyczy to wykorzystywania danych i informacji, które okażą się niepoprawne lub zostały błędnie przedstawione, a także błędów, które zostały popełnione nieumyślnie podczas opracowywania danych. Nie ograniczając się do powyższego, wydawca nie ponosi odpowiedzialności za utratę zysku, wartości firmy i inne straty następcze (w tym straty ekonomiczne). Wydawca nie ponosi odpowiedzialności za szkody lub zakłócenia w pracy wynikające z nieprzestrzegania materiałów szkoleniowych i specjalnych instrukcji bezpieczeństwa. Zdjęcia prezentowane w niniejszym podręczniku pochodzą głównie od firm MAHLE i MAHLE Service Solutions.

Spis treści

Nowoczesne systemy chłodzenia

Samochody osobowe 4
Pojazdy użytkowe 5
Budowa nowoczesnego modułu chłodzenia 5

Chłodzenie wczoraj i dziś

Chłodzenie silnika wodą 6
Nowoczesne chłodzenie silnika 7

Układy chłodzenia

Układ chłodzenia silnika 8
Chłodnica chłodziwa 9
Chłodnica pełnoaluminiowa 11
Zbiornik wyrównawczy (naczynie wzbiorcze) 12
Termostat 13
Pompy chłodziwa 14
Elektryczne pompy chłodziwa 15
Kabinowy wymiennik ciepła 16

Wentylator silnika

Wentylator Visco® 17
Elektroniczne sprzęgło Visco® 18
Elektryczne wentylatory chłodnicy 19

Inne układy chłodzenia

Chłodnica oleju dla silnika, przekładni i zwalniacza hydrokinetycznego 20
Chłodzenie wspomagania układu kierowniczego 21
Chłodzenie paliwa 21
Bezpośrednie chłodzenie powietrza doładowującego 24
Pośrednie chłodzenie powietrza doładowującego 25
Chłodnica układu recyrkulacji spalin (EGR) 26

Powietrze wlotowe i zarządzanie temperaturą

Kontrola temperatury powietrza do procesu spalania w silniku 27
Podsystemy zarządzania temperaturą powietrza wlotowego (ATM) 28
Zarządzanie temperaturą akumulatora w pojazdach hybrydowych 31

Dogrzewacz PTC

Budowa i zasada działania 33
Wydajność i spontaniczne użycie 34
Bezpieczeństwo działania 35
Wysterowanie 35
Nowe projekty 35

Diagnostyka, konserwacja i naprawa

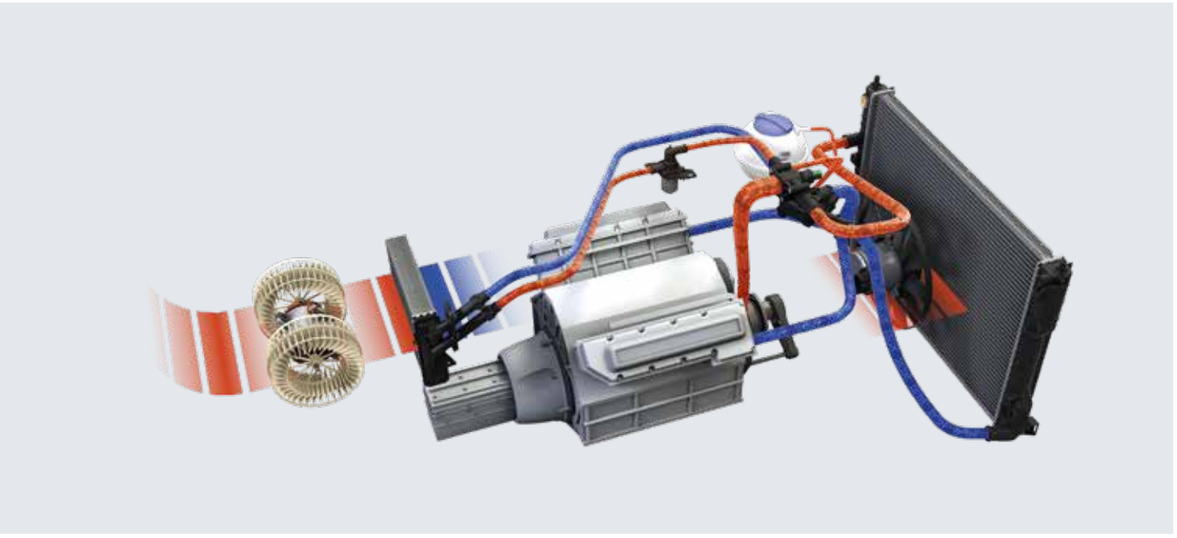
Chłodziwo, środek przeciw zamarzaniu i środek antykorozyjny 36
Konserwacja chłodnicy 37
Odpowietrzenie układu podczas napełniania 38
Typowe uszkodzenia 39
Kontrola i diagnostyka układu chłodzenia 40

Chłodzenie sterowane elektronicznie

Poziom temperatury chłodziwa 42
Rozdzielacz chłodziwa 43
Jednostka sterująca chłodziwem 44
Sterowanie elektroniczne – przegląd 45
Regulacja temperatury chłodziwa w razie aktywacji ogrzewania 46
Termostat fazowy 48

Informacje techniczne 50

Nowoczesne systemy chłodzenia

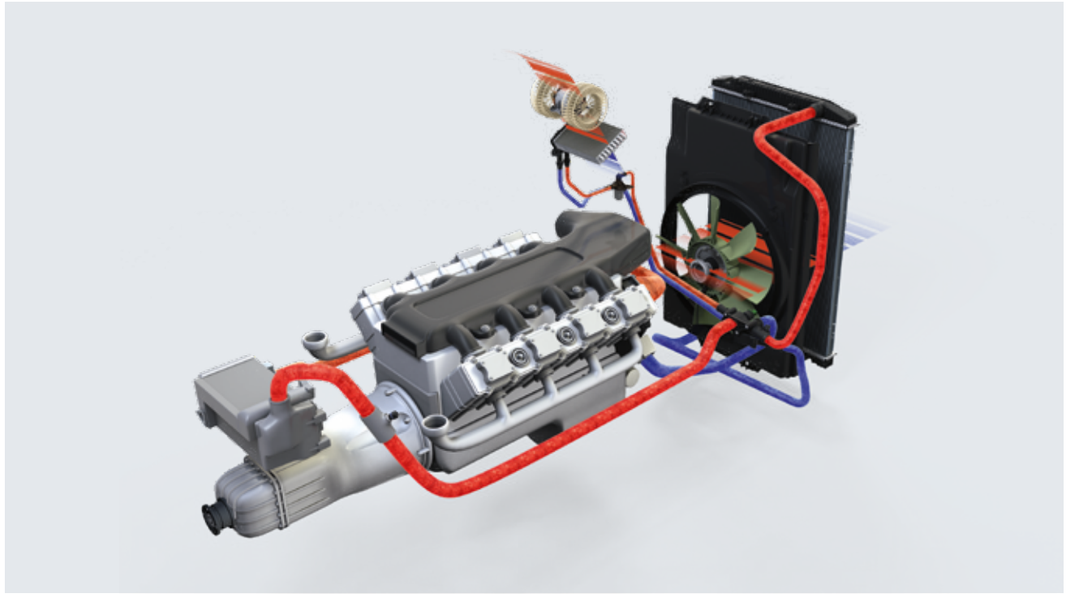


Samochody osobowe

Całe ciepło wytwarzane przez silnik i powiązane z nim systemy musi być odprowadzane. Obecnie temperatura robocza silnika może zmieniać się jedynie w zakresie niewielkiej tolerancji w celu kontroli pracy i temperatury otoczenia (silnika i wnętrza pojazdu). Podwyższona temperatura robocza może pogarszać parametry spalin.

W rezultacie może to prowadzić do nieprawidłowego sterowania silnikiem. Ponadto w przypadku takich wariantów silników jak silniki z wtryskiem bezpośrednim, silniki wysokoprężne i benzynowe, które wytwarzają niewiele ciepła, układ chłodzenia musi ogrzewać pasażerów pojazdu zimą i chłodzić latem. Wszystkie te czynniki należy uwzględnić podczas projektowania systemu zarządzania temperaturą. Do tego dochodzi wymóg uzyskania wyższej mocy i sprawności przy mniejszej przestrzeni montażowej.

Czy wiesz, że MAHLE jest wiodącym, globalnym producentem części OEM do układu chłodzenia silnika oraz klimatyzacji samochodowej?

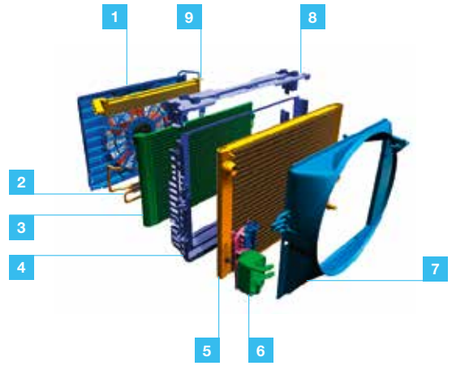


Pojazdy użytkowe

Jest to typowy przykład stosowanego obecnie systemu zarządzania temperaturą w pojazdach użytkowych.

Budowa nowoczesnego modułu chłodzenia

Typowy przykład stosowanego obecnie modułu chłodzenia. Składa się on z chłodnicy chłodziwa, chłodnicy oleju silnikowego, skraplacza klimatyzacji, chłodnicy oleju przekładniowego, chłodnicy wspomagania układu kierowniczego oraz wentylatora chłodnicy chłodziwa/skraplacza klimatyzacji.



1. Rama wlotowa z wentylatorem elektrycznym
2. Chłodnica wspomagania układu kierowniczego
3. Moduł skraplacza klimatyzacji
4. Rama nośna
5. Pełnoaluminiowa chłodnica chłodziwa
6. Chłodnica oleju przekładniowego
7. Rama wylotowa dla wentylatora silnika
8. Osłona ramy nośnej
9. Chłodnica oleju silnikowego

Chłodzenie – wczoraj i dziś

Chłodzenie silnika wodą

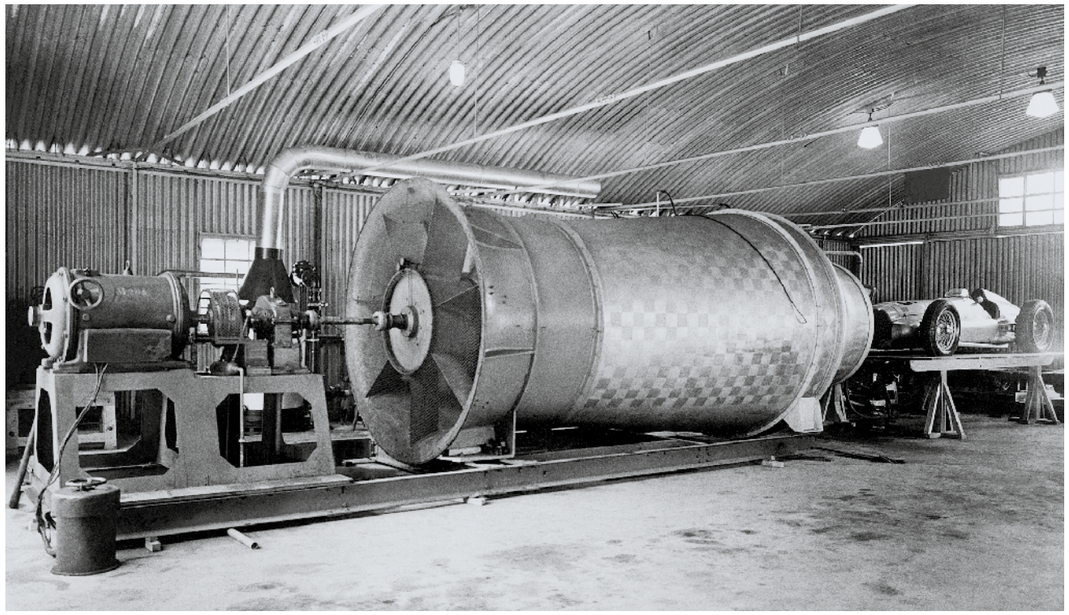
Temperatury powstające podczas spalania paliwa (do 2000°C) mają szkodliwy wpływ na pracę silnika. Silnik jest więc chłodzony do temperatury roboczej. Pierwszą metodą chłodzenia wodą było chłodzenie za pomocą cyrkulacji z termosyfonem. Podgrzana, lżejsza woda przepływa przez rurę kolektorową do górnej części chłodnicy. Tam jest chłodzona przez strumień powietrza, a następnie opada na dno i przepływa z powrotem do silnika. Obwód działa, dopóki pracuje silnik. Chłodzenie wspomagały wentylatory, a regulacja nie była jeszcze możliwa. Następnie obieg wody przyspieszano, stosując pompę wodną.

Słabe punkty:

- Długi czas rozgrzewania
- Niska temperatura silnika w zimnych miesiącach

W ramach dalszego rozwoju silnika zastosowano regulator wody chłodzącej lub termostat. Cyrkulacja wody przez chłodnicę jest regulowana w zależności od temperatury wody chłodzącej. W 1922 r. opisano to rozwiązanie w następujący sposób: „Celem tych urządzeń jest szybkie rozgrzanie silnika i zapobieganie jego wychłodzeniu”. W tym przypadku mówimy już o chłodzeniu sterowanym termostatem, które pełni następujące funkcje:

- Krótki czas rozgrzewania
- Utrzymywanie stałej temperatury roboczej



BEHR – tunel aerodynamiczny z 1937 r.

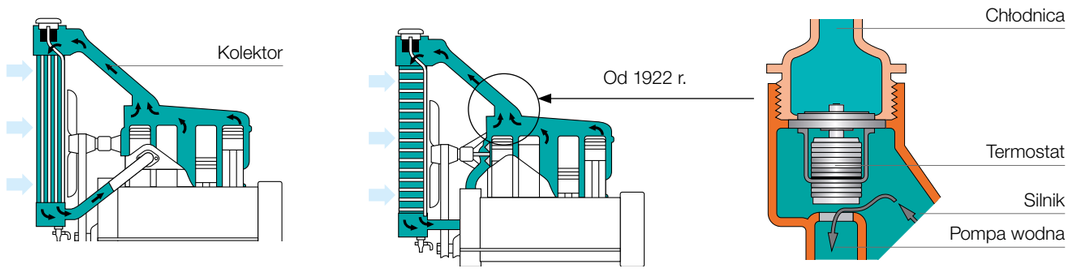
MAHLE – tunel klimatyczno-aerodynamiczny obecnie

Nowoczesne chłodzenie silnika

Zdecydowaną poprawę chłodzenia silnika przyniosło opracowanie termostatu umożliwiającego „przełączany” obieg chłodziwa. Do momentu osiągnięcia żądanej temperatury roboczej silnika woda nie przepływa przez chłodnicę, lecz cyrkuluje w krótkim obiegu, powracając do silnika. Dopiero po osiągnięciu żądanej temperatury roboczej termostat otwiera połączenie z chłodnicą. Ten mechanizm regulacji stosuje się we wszystkich układach do dnia dzisiejszego.

Temperatura robocza silnika ma ogromne znaczenie nie tylko dla osiągów i zużycia, ale także dla niskiej emisji zanieczyszczeń.

W jednostkach chłodzenia silnika wykorzystuje się obecnie fakt, że woda pod ciśnieniem zaczyna wrzeć dopiero w temperaturze 115–130°C, a nie 100°C. Ciśnienie w obwodzie chłodzenia wynosi 1,0–1,5 bara (zamknięty układ chłodzenia). W tym celu w układzie zamontowano zbiornik wyrównawczy, który jest napełniony tylko do połowy. Jako medium chłodzące stosuje się nie tylko wodę, ale również mieszaninę wody i dodatku do chłodziwa. Chodzi tu o chłodziwo, które zapewnia ochronę przed zamarzaniem, ma podwyższoną temperaturę wrzenia i chroni elementy silnika i układu chłodzenia przed korozją.



Od ok. 1910 r. – z pompą wodną

Układy chłodzenia

Układ chłodzenia silnika

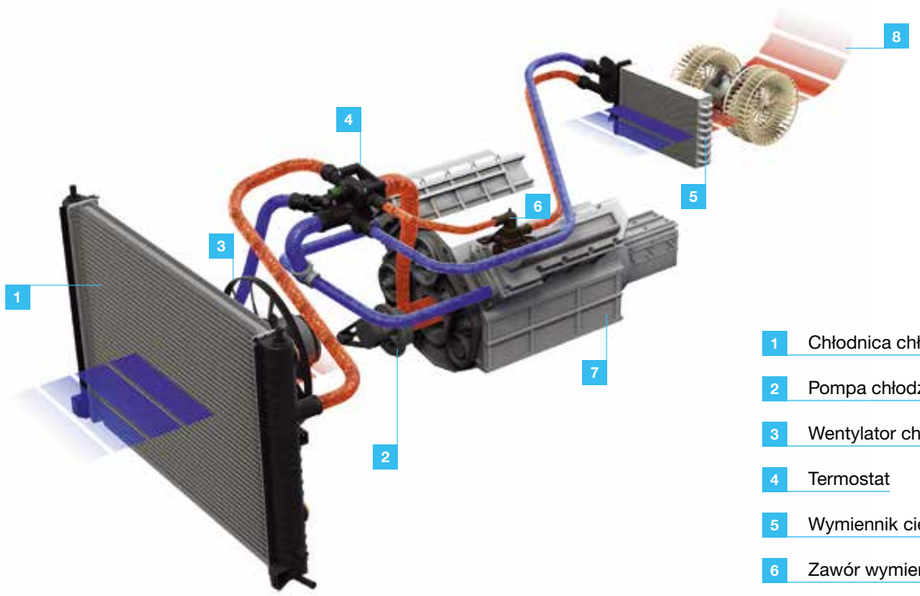
Coraz bardziej zwarta komora silnika sprawia, że rozmieszczenie komponentów i odprowadzanie ogromnych ilości ciepła staje się coraz trudniejsze. Schłodzenie komory silnika jest dużym wyzwaniem dla nowoczesnych systemów chłodzenia. Właśnie dlatego w dziedzinie chłodzenia odnotowano ostatnio znaczny postęp.

Wymagania wobec układu chłodzenia:

- Krótsza faza nagrzewania
- Szybkie ogrzewanie kabiny
- Niskie zużycie paliwa
- Dłuższa żywotność komponentów

Podstawę każdego układu chłodzenia silnika stanowią następujące elementy:

- Chłodnica chłodziwa
- Termostat
- Pompa chłodziwa (mechaniczna lub elektryczna)
- Zbiornik wyrównawczy (naczynie wzbiorcze)
- Przewody
- Wentylator silnika (napędzany pasem klinowym lub sprzęgłem Visco®)
- Czujnik temperatury (sterowanie silnikiem/wskaźnik)



1 Chłodnica chłodziwa
2 Pompa chłodziwa
3 Wentylator chłodnicy
4 Termostat
5 Wymiennik ciepła
6 Zawór wymiennika ciepła (opcja)
7 Silnik
8 Przepływ powietrza

Chłodnica chłodziwa

Chłodnica chłodziwa

Kiedy w 1905 r. zaczynała się historia chłodzenia silnika, temperatura spalania w silniku wynosiła około 600–800°C. Chłodnice stalowe były używane od początku wieku aż do około 1938 r. Następnie stosowano chłodnice z metali nieżelaznych (miedź/mosiądz). Wada: duży ciężar i ograniczone zasoby powodujące wysoką cenę materiału.

Wymagania wobec chłodnicy:

- Wysoka wydajność
- Wystarczająca wytrzymałość
- Długotrwała odporność na korozję
- Niskie koszty produkcji
- Produkcja przyjazna dla środowiska

Wykonanie:

- Zbiornik na chłodziwo wykonany z tworzywa sztucznego wzmocnionego włóknem szklanym (GFK)
- Coraz popularniejsze wykonanie z aluminium

Funkcja:

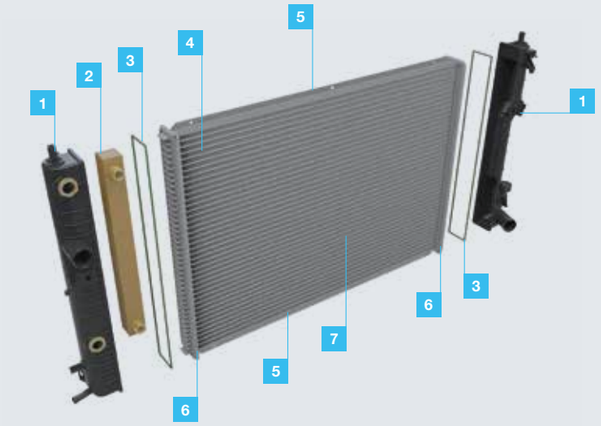
- Chłodzenie chłodziwa w obiegu silnika

Zalety:

- Precyzyjny montaż ułatwiający instalację
- Optymalna sprawność
- Dostosowanie do specyfikacji klienta (OEM)

Typowa budowa

Chłodnica oleju może również stanowić oddzielny element chłodnicy chłodziwa. Poszczególne części są montowane ze sobą. W ten sposób chłodnica uzyskuje swój kształt. Chłodzenie odbywa się w żebrach chłodzących (rdzeniu), gdzie przepływające powietrze pobiera ciepło z chłodziwa. Przepływ chłodziwa następuje z góry na dół (przepływ opadający) albo z prawej do lewej lub odwrotnie (przepływ poprzeczny). Oba warianty wymagają wystarczającej ilości czasu i odpowiedniego przekroju poprzecznego, aby powietrze mogło skutecznie schładzać chłodziwo.



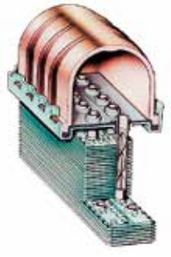
1 Zbiornik na chłodziwo
2 Chłodnica oleju
3 Uszczelki
4 Żebra chłodzące (rdzeń)
5 Płyty boczne
6 Dno
7 Rurka chłodząca

Formy konstrukcyjne

Istnieją dwie typowe formy konstrukcyjne: lutowana i łączona mechanicznie. Oba typy są stosowane w chłodnicach z przepływem opadającym. Pierwsze chłodnice były wyposażone w mosiężne zbiorniki na chłodziwo, a później – w zbiorniki plastikowe. Chłodnice z przepływem poprzecznym są o 40% mniejsze od chłodnic z przepływem opadającym i są stosowane we współczesnych samochodach osobowych, gdzie wymagana jest bardziej płaska konstrukcja. Zbiornik na chłodziwo jest mocowany i uszczelniany za pomocą falowanego kołnierza ze szczeliną opracowanego przez inżynierów MAHLE. Innym rodzajem mocowania jest kołnierz zakładkowy. Chłodnice z przepływem opadającym są stosowane w wyższych samochodach osobowych (terenowych itp.) lub w pojazdach użytkowych. W produkcji można rozróżnić zasadniczo dwie różne metody wytwarzania: elementy mogą być łączone mechanicznie lub lutowane. Dane techniczne dotyczące wydajności obu procesów produkcyjnych są prawie identyczne. Wersja łączona mechanicznie ma jednak niższy ciężar. Ostatecznie to producenci pojazdów decydują o tym, który proces będzie stosowany w produkcji seryjnej.

Konstrukcja geometrii rurki/żeber chłodnicy wyznacza jej wydajność. Podczas projektowania należy uwzględnić przestrzeń montażową dostępną w pojeździe.

Połączenie lutowane



Połączenie mechaniczne

Chłodnica pełnoaluminiowa

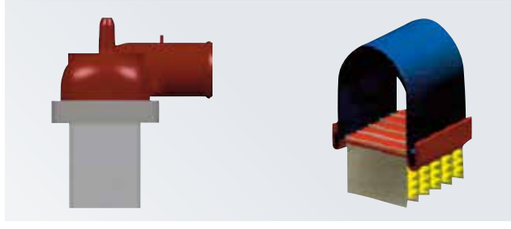
Chłodnica pełnoaluminiowa

Jak widać na ilustracji, w konstrukcji w pełni aluminiowej głębokość rdzenia została znacznie zredukowana. Takie rozwiązanie pozwala zredukować całkowitą głębokość modułu chłodzenia – np. pełnoaluminiowa chłodnica Audi A8 jest o 11% lżejsza i ma o 20 mm mniejszą głębokość całkowitą.

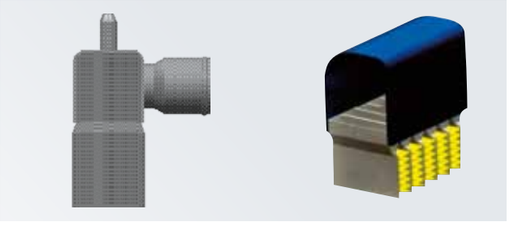
Ten typ konstrukcji ma następujące właściwości:

- Wyeliminowano górną płytę podstawy
- Głębokość rdzenia jest równa głębokości chłodnicy
- Redukcja ciężaru o 5–10%
- Wyższa sztywność robocza
- Ciśnienie rozrywające 5 barów
- Możliwość recyklingu w całości
- Zmniejszenie szkód transportowych (króciec przelewowy)
- Możliwość stosowania różnego rodzaju rur
- Rurka okrągła o większej wydajności z wkładką regulacji zawirowań
- Rurka owalna (oferuje większą powierzchnię chłodzenia)
- Rurka płaska, wykonanie mechaniczne, kasetowanie (jeszczewiększa powierzchnia i wymagany tylko jeden rząd)
- Rurka płaska, lutowana bez topnika (najlepsze chłodzenie, żebra wykorzystane w 100%), ale kosztowne rozwiązanie
- Zastosowany specjalny stop aluminium (rdzeń)
- Temperatura 600–650°C schładzana do ok. 130°C (naprężenia są kompensowane)

To porównanie pokazuje zdecydowaną różnicę między chłodnicą ze standardową podstawą a pełnoaluminiową chłodnicą chłodziwa. Wyraźnie widać, że ogólna głębokość została znacznie zmniejszona. Zapewnia to oszczędność miejsca w nowoczesnym module chłodzenia.



Głębokość rdzenia 40 mm, głębokość całkowita 63,4 mm



Głębokość rdzenia 40 mm, głębokość całkowita 40 mm

Zbiornik wyrównawczy do pojazdów użytkowych

Zbiornik wyrównawczy (naczynie wzbiorcze)

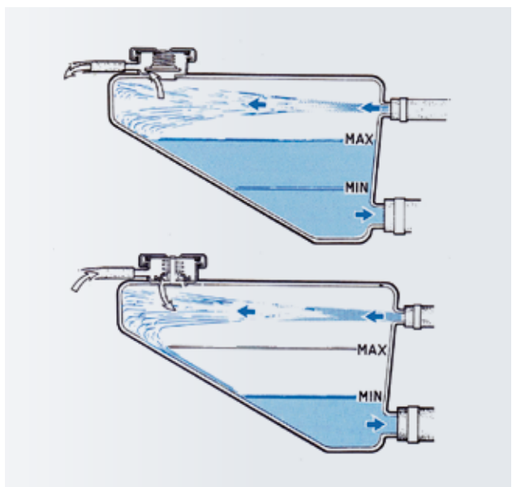
Aby zapobiec miejscowemu przegrzaniu elementów, w układzie chłodzenia nie powinny występować pęcherzyki powietrza. Chłodziwo wpływa do zbiornika z dużą prędkością, a wypływa z niską prędkością (różne średnice króćców).

Przykładowo zbiorniki wyrównawcze w samochodach użytkowych mają 3 komory i dużą pojemność (np. 8 l chłodziwa). Zadaniem zbiornika wyrównawczego jest pobieranie rozszerzonego chłodziwa z obiegu chłodziwa. Zawór odpowiednio redukuje ciśnienie, tak aby jego wartość w układzie utrzymywała się na określonym poziomie.

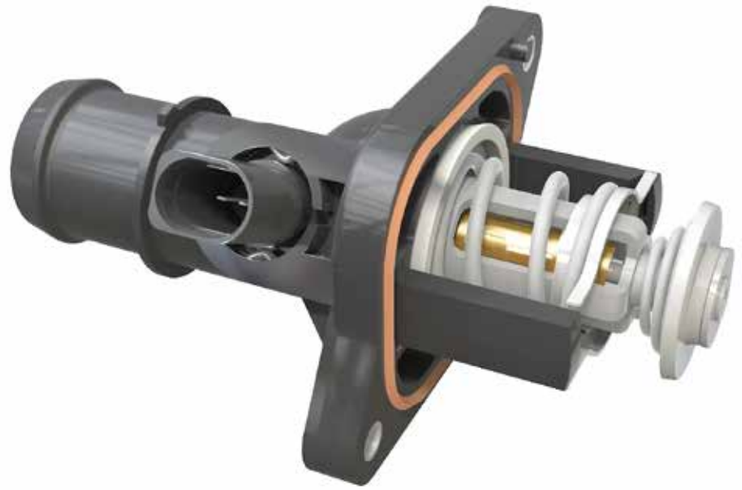
Zbiornik wyrównawczy do samochodu osobowego

Sposób działania

Wzrost temperatury chłodziwa powoduje rozszerzanie medium, co prowadzi do wzrostu ciśnienia w układzie chłodzenia. Chłodziwo jest wtłaczane do zbiornika. W zbiorniku wzrasta ciśnienie. Zawór nadciśnieniowy w korku otwiera się, umożliwiając wydostawanie się powietrza. Podczas normalizowania temperatury chłodziwa w układzie chłodzenia powstaje podciśnienie. Chłodziwo zostaje wyssane ze zbiornika. W zbiorniku powstaje podciśnienie. W rezultacie otwiera się zawór podciśnieniowy w korku zbiornika. Powietrze wpływa do zbiornika aż do momentu wyrównania ciśnienia.



Działanie zbiornika wyrównawczego



Sterowany elektronicznie termostat z elementem woskowym

Termostat

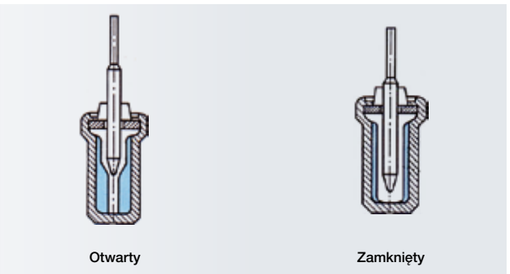
Termostaty kontrolują temperaturę chłodziwa, a tym samym również temperaturę silnika. Termostaty mechaniczne nie zmieniły się wiele na przestrzeni lat i nadal są używane. Sposób działania bazuje na rozprężającym się elemencie woskowym, który otwiera zawór i kieruje chłodziwo do chłodnicy w celu obniżenia temperatury. Termostat otwiera się przy określonej temperaturze, która jest ustalona dla danego systemu i której zmiana nie jest możliwa. Termostaty sterowane elektronicznie są regulowane przez jednostkę sterującą silnika i otwierane w zależności od warunków pracy silnika. Sterowane elektronicznie regulatory temperatury przyczyniają się do redukcji zużycia paliwa i zmniejszenia emisji zanieczyszczeń poprzez poprawę sprawności mechanicznej silnika.

Zalety:

- Zmniejszenie zużycia paliwa o ok. 4%
- Ograniczenie emisji zanieczyszczeń
- Poprawa komfortu (poprzez zwiększenie mocy grzewczej)
- Dłuższa żywotność silnika
- Utrzymanie parametrów przepływu i warunków termodynamicznych
- Regulacja temperatury w zależności od zapotrzebowania
- Najwyższe tempo zmian temperatury
- Najmniejszy wzrost objętości konstrukcji (<3%)

Sposób działania

Po ogrzaniu do temperatury powyżej 80°C wypełnienie woskowe topi się. Wzrost objętości wosku powoduje ruch metalowej puszki w tłoku roboczym. Termostat otwiera obwód chłodnicy (tzw. obwód długi) i jednocześnie zamyka tzw. obwód krótki. Jeśli temperatura spadnie poniżej 80°C, wkład woskowy tężeje. Sprężyna powrotna wsuwa metalową puszkę z powrotem do pozycji wyjściowej. Termostat zamyka dopływ do chłodnicy. Chłodziwo przepływa bezpośrednio do silnika przez obwód krótki.



Otwarty Zamknięty

Termostat z elementem woskowym

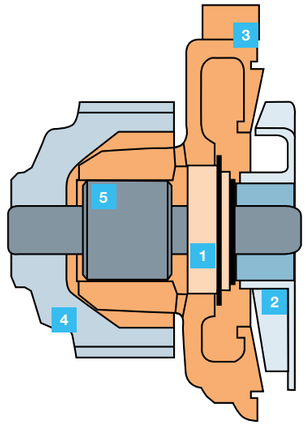
Pompa chłodziwa

Pompy chłodziwa

Pompy chłodziwa tłoczą chłodziwo w obiegu i wytwarzają ciśnienie. Te zespoły również są przedmiotem innowacji technicznych, jednak na rynku nadal istnieje wiele samochodów osobowych i pojazdów użytkowych z konwencjonalnymi pompami z napędem pasowym. Nową generacją urządzeń są pompy chłodziwa sterowane elektronicznie. Pompa chłodziwa jest tu napędzana w zależności od potrzeb, podobnie jak kompresor w układzie klimatyzacji. Pozwala to na osiągnięcie optymalnej temperatury roboczej.

Zestaw paska zębatego z pompą chłodziwa

1 Osiowe uszczelnienie ślizgowe
2 Wirnik
3 Obudowa
4 Koło napędowe
5 Łożysko toczne



Pompy chłodziwa składają się z pięciu głównych podzespołów

Koło napędowe i wirnik są zamontowane na wale ze wspólnym łożyskowaniem. Uszczelnienie ślizgowe uszczelnia wał pompy od wewnątrz. Obroty wirnika powodują przemieszczanie się chłodziwa przez układ chłodzenia.

Na żywotność pompy chłodziwa duży wpływ mają następujące czynniki:

- Prawidłowy montaż
- Pielęgnacja i serwisowanie układu chłodzenia
- Jakość chłodziwa
- Stan i sprawność paska napędowego i podłączonych agregatów dodatkowych

Elektryczna pompa chłodziwa

Elektryczne pompy chłodziwa

Mechaniczne pompy chłodziwa, które są napędzane bezpośrednio przez silnik, stale dostarczają płyn chłodzący podczas pracy silnika – nawet jeśli chłodzenie nie jest potrzebne. Natomiast elektryczne pompy chłodziwa ze zintegrowanym sterowaniem elektronicznym są załączane w sposób płynny zgodnie z wymaganą mocą chłodzenia. Mogą być stosowane jako pompy główne, dodatkowe lub cyrkulacyjne i pracują niezależnie od silnika oraz zgodnie z zapotrzebowaniem.

Podczas rozruchu zimnego silnika elektryczna pompa chłodziwa początkowo nie tłoczy żadnego płynu chłodzącego. Dzięki temu silnik szybciej osiąga swoją temperaturę roboczą. Nawet na biegu jałowym lub po wyłączeniu silnika elektryczna pompa chłodziwa może zapewnić wystarczającą moc chłodzenia, ponieważ nie jest sprzężona z prędkością obrotową silnika. Takie chłodzenie silnika o regulowanej intensywności zmniejsza zapotrzebowanie na moc, a tym samym zużycie paliwa i straty wynikające z tarcia. Elektryczne pompy chłodziwa w nowoczesnych systemach chłodzenia przyczyniają się więc do redukcji emisji.

Kolejną zaletą elektrycznych pomp chłodziwa jest możliwość ich odrębnej instalacji poza silnikiem. Są one stosunkowo lekkie i nie wymagają konserwacji dzięki bezszczotkowej konstrukcji. Przy napięciu roboczym 12–360 V generują obecnie moc rzędu 15–1000 W. Do chłodzenia silnika elektrycznego pompy chłodziwa stosuje się chłodziwo. Bezstopniowa regulacja odbywa się za pomocą sygnału PWM (modulacja szerokości impulsu). W ten sposób – niezależnie od prędkości obrotowej silnika – można regulować wielkość przepływu w zależności od rzeczywistego zapotrzebowania, a temperatura chłodziwa może być utrzymywana na stałym poziomie zgodnie z wymaganiami dla danego układu. Połączenie elektrycznej pompy chłodziwa z elektroniką pokładową pojazdu umożliwia przeprowadzenie diagnostyki. W zależności od rodzaju napędu (silnik spalinowy, hybrydowy, elektryczny) i układu pojazd może mieć zainstalowaną jedną lub więcej pomp.

Elektryczna pompa chłodziwa dla modeli BMW

Obszary zastosowań elektrycznych pomp chłodziwa:

- Chłodzenie silnika
- Chłodzenie powietrza doładowującego
- Chłodzenie w układzie recyrkulacji spalin
- Chłodzenie napędu i akumulatora w pojazdach hybrydowych i elektrycznych
- Chłodzenie przekładni
- Chłodzenie różnych agregatów dodatkowych

Kabinowy wymiennik ciepła

Kabinowy wymiennik ciepła

Wymiennik ciepła dostarcza ciepło, które jest transportowane do wnętrza pojazdu poprzez strumień powietrza generowany przez dmuchawę. Jeśli dostępny jest układ klimatyzacji (co zazwyczaj ma miejsce w dzisiejszych czasach), układ sterowania klimatyzacją wytwarza mieszankę zimnego i ciepłego powietrza. 3 czynniki składają się na rezultat: ciepło, zimno i odpowiednie sterowanie = klimatyzacja kabiny.

Właściwości pełnoaluminiowego wymiennika ciepła:

- Nadaje się w 100% do recyklingu
- Uzyskanie żądanej temperatury w kabinie
- Lutowany wymiennik ciepła w konstrukcji pełnoaluminiowej
- Mniejsze zapotrzebowanie na miejsce we wnętrzu pojazdu
- Wysoka wydajność grzewcza
- Płyty skrajne lutowane (nie zaciskane)
- Montaż w jednostce grzewczej
- System rurkowo-żeberkowy
- Obszary lamelowe (tzw. skrzela) w żebrach zwiększają wydajność
- Najnowszy stan techniki w segmencie chłodnic chłodziwa: wersja pełnoaluminiowa

Pełnoaluminiowy wymiennik ciepła

Wentylator silnika

Zadaniem wentylatora silnika jest tłoczenie powietrza z otoczenia przez chłodnicę chłodziwa i dalej nad silnikiem. Do napędu służy pasek klinowy lub – w przypadku wentylatora elektrycznego – sterowany silnik elektryczny. Wentylatory Visco® stosuje się głównie w segmencie pojazdów użytkowych oraz rzadziej w segmencie samochodów osobowych. Wentylator silnika zapewnia przepływ powietrza w ilości wystarczającej do chłodzenia chłodziwa. W przypadku wentylatora napędzanego pasem klinowym przepływ powietrza zależy od prędkości obrotowej silnika. Różni się od wentylatora skraplacza tym, że jest napędzany w sposób ciągły. Wentylator Visco® jest sterowany temperaturą roboczą.

Wentylator Visco®

Zasada działania

Punkt załączania całkowitego przy ok. 80°C. Wypełniony olejem silikonowym stanowiącym medium napędowe (30–50 ml), załączany przez element bimetaliczny i uruchamiany za pomocą trzpienia dociskowego.

Historia

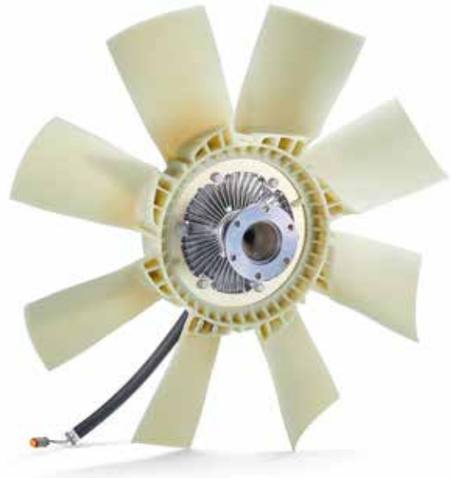
Tzw. wentylator sztywny (napędzany stale) wymaga dużej ilości energii (czyli koni mechanicznych), jest hałaśliwy, a jednocześnie zużywa dużo paliwa. Wentylatory elektryczne (np. w samochodach osobowych) mają natomiast lepsze parametry zużycia, są ciche i wykazują niższe zapotrzebowanie na energię. Za cele rozwojowe przyjęto niskie zużycie i mniejszy hałas – np. hałas ograniczono przez zastosowanie płaszcza osłonowego.

> Około 50 lat temu firma BEHR opracowała wentylator Visco® i zarejestrowała markę Visco®. Gdy firma MAHLE przejęła większościowe udziały w firmie BEHR, przejęła również prawa do znaku towarowego i produkty Visco® są wytwarzane oraz sprzedawane pod marką MAHLE. Tylko wentylatory i sprzęgła o tej konstrukcji produkowane przez MAHLE mogą być sprzedawane z określeniem „Visco®" w nazwie.

Dalszym rezultatem prac rozwojowych było elektroniczne sprzęgło Visco® o następujących właściwościach:

- Regulacja przebiega bezstopniowo
- Sterowanie odbywa się przy użyciu czujników
- Sterownik przetwarza dane dotyczące np. chłodziwa, oleju, powietrza doładowującego, prędkości obrotowej silnika, zwalniacza, klimatyzacji

Dzięki temu uzyskano chłodzenie zgodnie z zapotrzebowaniem, poprawiono poziom temperatury chłodziwa oraz zredukowano hałas i zużycie paliwa. W segmencie samochodów osobowych wentylatory były wcześniej dwuczęściowe – sprzęgło Visco® i wirnik wentylatora łączono śrubami. Obecnie są one kalandrowane i dlatego w razie uszkodzenia nie nadają się do naprawy.



Kompletny wentylator Visco® (sprzęgło i wirnik)

Sprzęgło Visco®

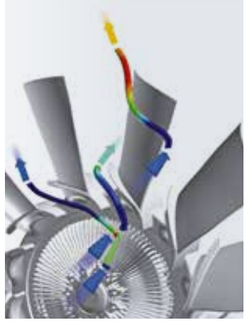
Elektroniczne sprzęgło Visco®

Tarcza główna i wał kołnierzowy przenoszą siłę napędową z silnika, z którym wentylator jest na stałe połączony. Cyrkulujący olej silikonowy zapewnia przenoszenie mocy między dwoma podzespołami. Dźwignia zaworu steruje obiegiem oleju pomiędzy zbiornikiem zasilającym a komorą roboczą.

Przepływ oleju silikonowego ze zbiornika do komory roboczej i z powrotem odbywa się poprzez dwa otwory: otwór powrotny w obudowie i otwór wlotowy w tarczy głównej.

Dźwignia zaworu steruje układem sterowania silnikiem za pomocą impulsów przesyłanych do elektromagnesu. Czujnik Halla określa aktualną prędkość obrotową wentylatora i informuje o niej układ sterowania silnikiem. Sterownik wysyła impulsowy prąd sterujący do elektromagnesu, który steruje dźwignią zaworu, która z kolei kontroluje przepływ oleju i jego ilość. Im więcej oleju silikonowego znajduje się w komorze roboczej, tym wyższa jest prędkość obrotowa wentylatora. Gdy komora robocza jest pusta, wentylator działa na biegu jałowym, a w razie napędu występuje poślizg wynoszący około 5%.

Sprzęgło Visco®



Przepływ powietrza przez wirnik wentylatora

Sterowane elektronicznie sprzęgło Visco® z wentylatorem

Elektryczny wentylator chłodnicy z ramą

Elektryczne wentylatory chłodnicy

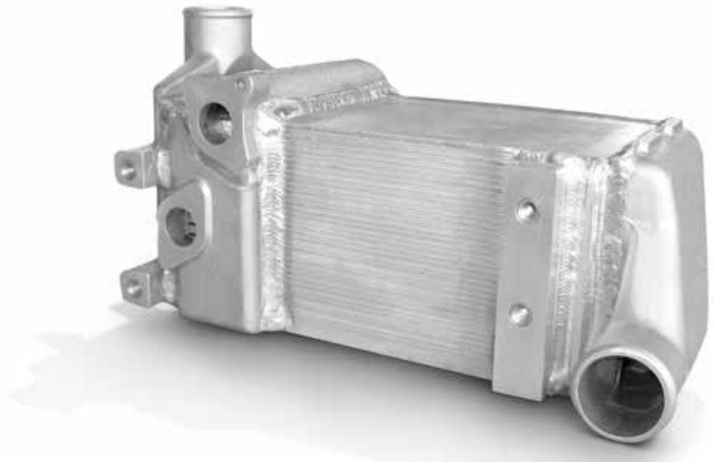
W segmencie samochodów osobowych stosowane są głównie wentylatory elektryczne. Są one często wykorzystywane jako wentylatory zasysające, ale niekiedy również jako wentylatory tłoczące. Większy przepływ powietrza przez chłodnicę silnika podczas pracy wentylatora umożliwia utrzymanie optymalnej temperatury chłodziwa w każdych warunkach roboczych pojazdu. W przedniej części pojazdu znajdują się zazwyczaj dodatkowe chłodnice (np. powietrza doładowującego, układu kierowniczego, paliwa, skraplacza), których media (odpowiednio powietrze, olej, paliwo, czynnik chłodniczy) są również chłodzone przez wentylatory elektryczne.

Sterowanie wentylatorem (wentylatorem podwójnym) jest realizowane za pomocą przełączników ciśnieniowych lub temperaturowych albo jednostki sterującej. Dzięki temu prędkość obrotową wentylatora można regulować stopniowo (przełącznik) lub płynnie (modulacja szerokości impulsu, PWM) w zależności od warunków roboczych. W przypadku wentylatorów sterowanych elektronicznie jednostka sterująca często znajduje się w pobliżu jednostki wentylatora. Za pomocą urządzenia diagnostycznego/oscyloskopu można odczytać pamięć błędów lub sprawdzić sterowanie.

Przyczyną awarii może być uszkodzenie mechaniczne (kolizja, uszkodzenie łożyska, pęknięta łopatka) lub usterka elektryczna (usterki styków, zwarcie, uszkodzony przełącznik/sterownik).

Elektryczny wentylator chłodnicy jest zazwyczaj montowany na ramie wentylatora. Funkcja ramy polega na doprowadzeniu powietrza przepływającego przez chłodnicę do wentylatora w sposób ukierunkowany i minimalizujący straty przepływu. Z tego powodu rama wentylatora jest umieszczona jak najbliżej chłodnicy.

Inne układy chłodzenia



Pełnoaluminiowa chłodnica oleju do zwalniacza hydrokinetycznego

Chłodnica wspomagania układu kierowniczego

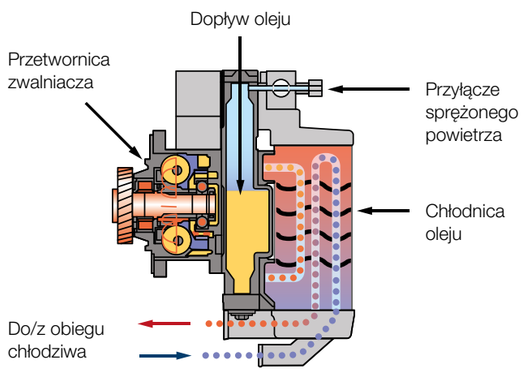
Chłodnica paliwa

Chłodnica oleju silnika, przekładni i zwalniacza hydrokinetycznego

Chłodzenie oraz szybsze podgrzewanie oleju silnikowego i przekładniowego (np. w automatycznej skrzyni biegów, zwalniaczu) zapewniają chłodnice (silnika lub przekładni) wbudowane lub dołączone do zbiornika na chłodziwo. Rozróżnia się rurowe lub płytkowe chłodnice oleju wykonane ze stali lub w całości z aluminium.

Zalety:

- Chłodzenie olejów mocno obciążonych termicznie
- Wydłużenie okresów pomiędzy kolejnymi terminami wymiany oleju, zwiększenie żywotności silnika
- Niewielkie zapotrzebowanie na miejsce i niewielki ciężar dzięki całkowicie aluminiowej konstrukcji
- Zwarta konstrukcja dzięki wydajnej aranżacji płytek zapewniających dużą powierzchnię chłodzenia



Zwalniacz z domontowaną chłodnicą oleju

Chłodzenie wspomagania układu kierowniczego

Olej wspomagania układu kierowniczego również wymaga chłodzenia – w przeciwnym razie pogorszy się wydajność układu. Układ kierowniczy działa wówczas za ciężko albo za lekko.

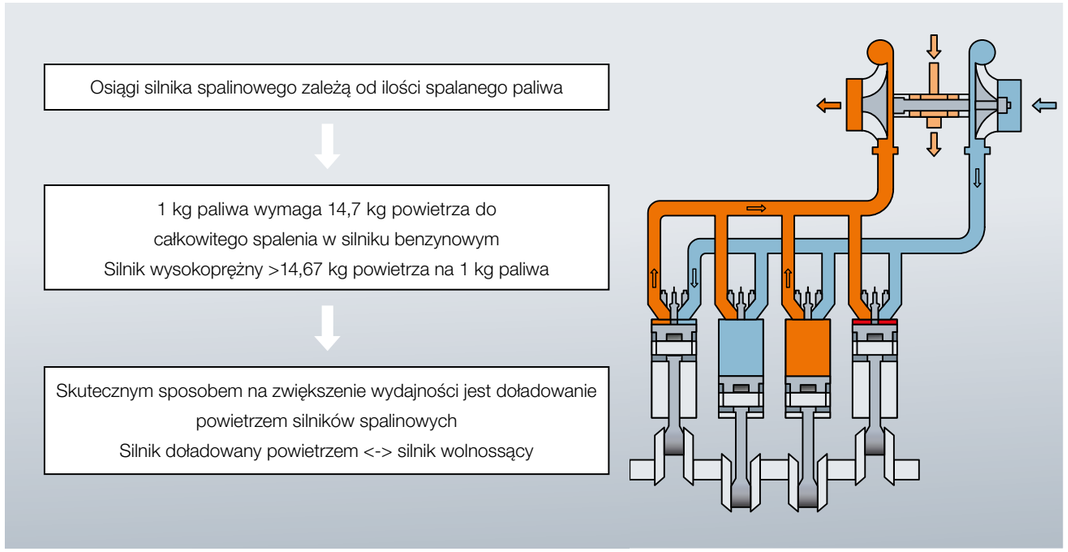
Właściwości:

- Pełnoaluminiowa konstrukcja z szybkozłączami
- Ciśnienie powyżej 8 barów przy temperaturze wlotowej oleju od -40°C do +160°C
- Próba ciśnieniowa przy 20 barach i ciśnieniu rozrywającym 50 barów

Chłodzenie paliwa

Chłodnicę paliwa stosuje się głównie w silnikach wysokoprężnych. Tutaj paliwo jest chłodzone w celu obniżenia temperatury wlotowej przy dyszy pompy lub szynie Common Rail. W przeciwnym razie wysokie ciśnienie mogłoby spowodować nadmierny wzrost temperatury paliwa. Zbyt wysoka temperatura paliwa pogarsza osiągi silnika poprzez przedwczesne spalanie w komorze spalania.

Chłodnica powietrza doładowującego



Turbodoładowanie

Chłodzenie powietrza doładowującego

Tendencja do wzrostu mocy silnika i zmniejszania jego rozmiarów (tzw. downsizing) powoduje w segmencie samochodów osobowych zwiększenie udziału silników z turbodoładowaniem, w których turbodoładowanie odbywa się obecnie na ogół za pomocą schłodzonego powietrza doładowującego. Wynikająca z tego wyższa gęstość powietrza doładowującego zwiększa osiągi i wydajność silnika. Wzrasta jednak nie tylko udział silników z turbodoładowaniem, ale – ze względu na postępujący wymóg redukcji emisji i zużycia paliwa – rosną również wymagania dotyczące wydajności chłodzenia powietrza doładowującego. Można je spełnić, chłodząc powietrze doładowujące za pomocą chłodziwa zamiast powietrza. Ze względu na koszty systemu technologia ta była jednak dotychczas zarezerwowana dla górnego segmentu cenowego samochodów osobowych. Nowe rozwiązania umożliwiają również regulację chłodzenia powietrza doładowującego. Pozwala to na obniżenie emisji tlenków azotu (NO_x) i węglowodorów (HC) oraz na skuteczniejsze oczyszczanie spalin. Oprócz zwiększenia wydajności chłodzenia istnieje jeszcze jeden ważny aspekt chłodzenia powietrza doładowującego: regulacja temperatury powietrza procesowego silnika poprzez regulację chłodzenia powietrza doładowującego. Regulacja temperatury jest konieczna ze względu na stale rosnące wymagania dotyczące oczyszczania spalin. Ważną rolę odgrywa tu temperatura powietrza doładowującego. Chłodzenie powietrza doładowującego za pomocą chłodziwa oferuje istotne zalety również w przypadku pojazdów użytkowych.

Rodzaje:

Chłodzenie powietrzem i chłodziwem, bezpośrednio i pośrednio.

Funkcja:

Wzrost osiągów silnika poprzez doładowanie powietrza (większa ilość powietrza spalania, większa zawartość tlenu).

Właściwości:

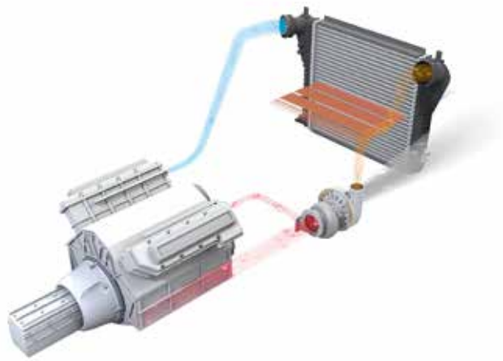
- Zwiększona dynamiczna wydajność chłodzenia
- Ulepszona wydajność silnika dzięki większej gęstości powietrza doładowującego
- Obniżona temperatura spalania, a tym samym lepsze parametry spalin
- Niższa emisja tlenku azotu w zakresie od -40°C do +160°C
- Próba ciśnieniowa przy 20 barach i ciśnieniu rozrywającym 50 barów

Podstawy: turbodoładowanie

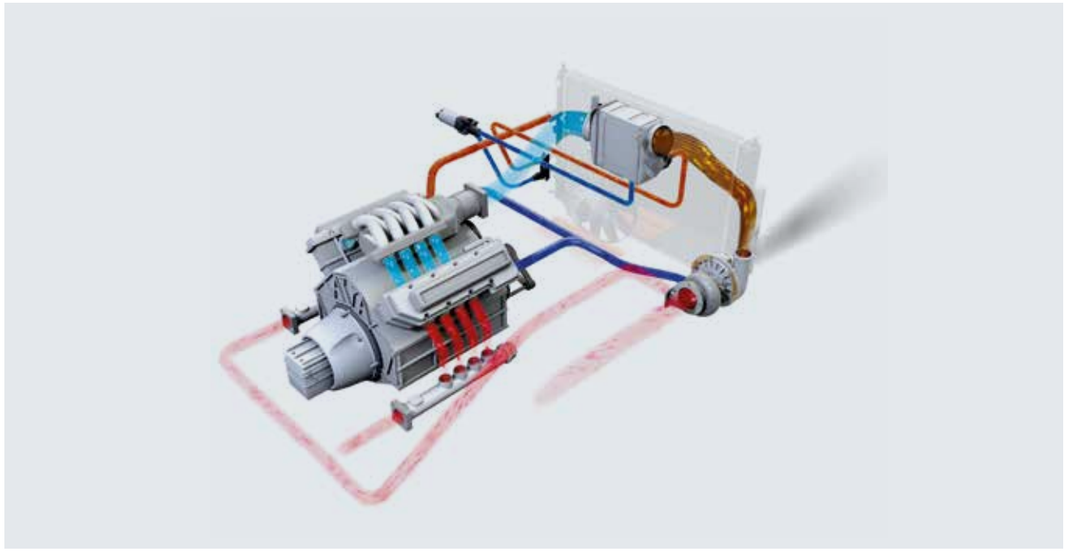
Moc silnika spalinowego zależy od ilości spalanego paliwa. 1 kg paliwa wymaga 14,7 kg powietrza do całkowitego spalenia w silniku benzynowym (tzw. mieszanka stechiometryczna). Skutecznym sposobem na zwiększenie wydajności jest doładowanie powietrzem silników spalinowych.

Wymagania: zwiększenie wydajności chłodzenia

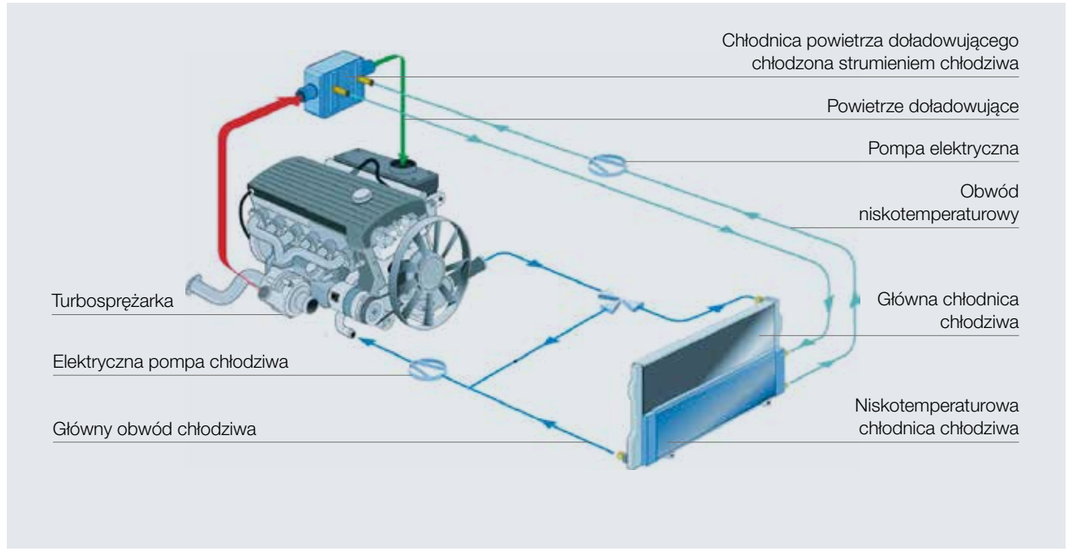
W samochodach osobowych zaspokojenie rosnącego zapotrzebowania na moc chłodniczą utrudniają coraz większe ograniczenia przestrzeni dostępnej w przedniej części pojazdu. Obecnie dominują kompaktowe chłodnice pośrednie (ang. intercooler). Jednym z rozwiązań problemu małej głębokości zabudowy jest powiększenie kompaktowej chłodnicy powietrza doładowującego do postaci płaskiej chłodnicy powietrza doładowującego montowanej przed chłodnicą chłodziwa – jak to zazwyczaj ma miejsce w ciężkich pojazdach użytkowych. Popularność tej konstrukcji stopniowo wzrasta. Jej zastosowanie jest jednak w wielu pojazdach niemożliwe, ponieważ wymagana przestrzeń montażowa została już zagospodarowana lub nie jest dostępna ze względu na inne wymagania – takie jak ochrona pieszych. Konflikt pomiędzy dostępną przestrzenią montażową a zapotrzebowaniem na moc można rozwiązać za pomocą dwóch nowych systemów: wstępnego i pośredniego chłodzenia powietrza doładowującego.



Przepływ powietrza doładowującego z bezpośrednim chłodzeniem powietrza doładowującego strumieniem powietrza (przykład)



Przepływ powietrza doładowującego z bezpośrednim chłodzeniem powietrza doładowującego strumieniem chłodziwa (przykład)



Obieg chłodziwa z pośrednim chłodzeniem powietrza doładowującego

Wstępna chłodnica powietrza doładowującego

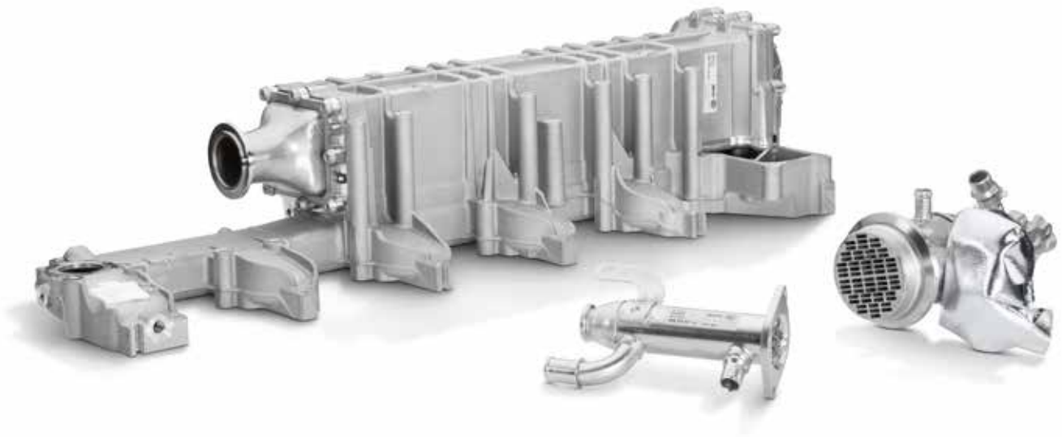
Za pomocą nowej chłodnicy wstępnej powietrza doładowującego, zasilanej chłodziwem z obiegu silnika, część odpadowego ciepła powietrza doładowującego zostaje przeniesiona z chłodnicy powietrza doładowującego na chłodnicę chłodziwa. Ponieważ dodatkowe ciepło odpadowe powietrza doładowującego (które wynika ze zwiększenia mocy) jest odprowadzane przez chłodnicę wstępną, można zachować koncepcję blokowej chłodnicy powietrza doładowującego. Chłodnica wstępna powietrza doładowującego (również kompaktowa) znajduje się pomiędzy turbosprężarką a chłodnicą powietrza doładowującego chłodzoną strumieniem powietrza. Wydajność dotychczasowego rozwiązania może zostać znacznie zwiększona przez wstępne chłodzenie powietrza doładowującego. Wymagana pojemność konstrukcyjna chłodnicy powietrza doładowującego chłodzonej strumieniem chłodziwa wynosi 40–60% pojemności konstrukcyjnej chłodnicy powietrza doładowującego chłodzonej strumieniem powietrza.

Pośrednie chłodzenie powietrza doładowującego

Drugim sposobem na rozwiązanie konfliktu między dostępną przestrzenią montażową a zapotrzebowaniem na moc jest zastosowanie pośredniego chłodzenia powietrza doładowującego. W samochodach osobowych taki układ chłodzenia składa się zazwyczaj z kompletnego obiegu chłodziwa niezależnego od obiegu chłodzenia silnika. W układzie tym zintegrowano niskotemperaturową chłodnicę chłodziwa i chłodnicę powietrza doładowującego chłodzoną strumieniem chłodziwa. Ciepło odpadowe z powietrza doładowującego jest najpierw przekazywane do chłodziwa, a następnie odprowadzane do powietrza otoczenia poprzez chłodnicę niskotemperaturową. Chłodnica ta znajduje się w przedniej części pojazdu, gdzie w konwencjonalnym układzie chłodzenia montuje się chłodnicę powietrza doładowującego chłodzoną powietrzem. Ponieważ chłodnica niskotemperaturowa wymaga znacznie mniej miejsca niż porównywalna chłodnica powietrza doładowującego chłodzona powietrzem, uwolniona zostaje przestrzeń w przedniej części pojazdu. Ponadto nie są już potrzebne szerokie przewody powietrza doładowującego biegnące od przodu pojazdu do silnika. Zasadniczo montaż w przedniej części jest znacznie prostszy i odpowiednio poprawia przepływ powietrza chłodzącego przez komorę silnika.

W porównaniu ze wstępnym chłodzeniem powietrza doładowującego (bezpośrednim) można odnotować następujące pozytywne efekty pośredniego chłodzenia powietrza doładowującego:

- Znacznie mniejszy spadek ciśnienia powietrza doładowującego
- Lepsza dynamika silnika dzięki mniejszej objętości powietrza doładowującego
- Zwiększona dynamiczna wydajność chłodzenia
- Ulepszona wydajność silnika dzięki większej gęstości powietrza doładowującego



Chłodnica EGR – różne typy

Chłodnica układu recyrkulacji spalin (EGR)

Jednym ze sposobów zachowania zgodności z wartościami granicznymi emisji tlenku azotu (NO_x) określonymi w normie Euro 6 jest zastosowanie chłodzonego układu recyrkulacji spalin (EGR). W rozwiązaniu tego typu część głównego strumienia spalin jest pobierana pomiędzy kolektorem wydechowym a turbosprężarką, schładzana w specjalnym wymienniku ciepła (chłodnica EGR) i przekazywana do powietrza wlotowego. Obniża to temperaturę spalania w silniku i ogranicza generowanie tlenków azotu.

Chłodnica EGR jest wykonana ze stali nierdzewnej lub aluminium i posiada kilka przyłączy, przez które gorące spaliny i chłodziwo przepływają do chłodnicy. Po schłodzeniu gazów spalinowych w chłodnicy opuszczają one chłodnicę i są przekazywane w dozowanych ilościach do układu wlotowego, a następnie do komory spalania. Powoduje to redukcję emisji tlenku azotu jeszcze przed katalizatorem. Na chłodnicy EGR zainstalowane są aktuatory pneumatyczne i/lub elektryczne, które realizują funkcję sterowania.

Chłodnica EGR nie jest klasyczną częścią zużywalną, jednak uszkodzenia spowodowane np. skrajnymi wahaniami temperatury lub agresywnymi dodatkami do chłodziwa (albo brakiem wymaganych dodatków) mogą prowadzić do nieszczelności wewnętrznych lub zewnętrznych. Ponadto możliwa jest również awaria aktuatorów.

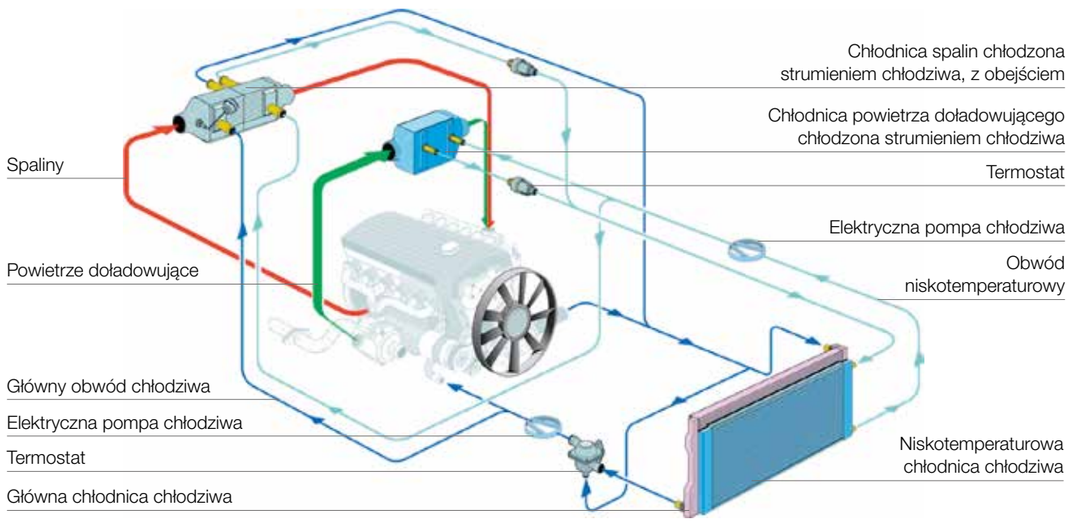
Chłodnica EGR

Powietrze wlotowe i zarządzanie temperaturą

Kontrola temperatury powietrza w procesie spalania w silniku

Po rozruchu zimnego silnika lub w skrajnie niskich temperaturach zewnętrznych podczas jazdy należałoby wstrzymać chłodzenie powietrza doładowującego. Silnik i katalizator szybciej osiągają wtedy optymalną temperaturę roboczą, co skutkuje mniejszą emisją zanieczyszczeń (głównie węglowodorów (HC)) po rozruchu na zimno. W przypadku chłodnicy powietrza doładowującego chłodzonej strumieniem powietrza byłoby to możliwe jedynie przy dużych nakładach poprzez zastosowanie przewodu obejściowego (bypass) po stronie powietrza doładowującego. Z kolei w przypadku pośredniego chłodzenia powietrza doładowującego prosta regulacja przepływu chłodziwa pozwala nie tylko na wstrzymanie chłodzenia powietrza doładowującego, ale również na kontrolę jego temperatury. Dzięki połączeniu obiegu chłodziwa do chłodzenia powietrza doładowującego z obiegiem do chłodzenia silnika oraz inteligentnej regulacji przepływu chłodziwa pośrednie chłodzenie powietrza doładowującego można rozszerzyć o kontrolę temperatury powietrza doładowującego. Przez chłodnicę powietrza doładowującego może być przepuszczane gorące chłodziwo obiegu silnika lub relatywnie zimniejsze chłodziwo obiegu niskotemperaturowego.

Regulacja temperatury powietrza doładowującego jest ważna dla procesu oczyszczania spalin za pomocą filtrów cząstek stałych i katalizatorów. Dla uzyskania optymalnej skuteczności oba podzespoły wymagają pewnej minimalnej temperatury spalin. W przypadku katalizatora ta minimalna temperatura stanowi jego temperaturę aktywacji (roboczą), a w przypadku filtra cząstek stałych jest to temperatura regeneracji wymagana do spalenia pozostałej sadzy. Podczas pracy z częściowym obciążeniem pojazdu (ruch miejski, zatrzymywanie się i ruszanie) żądane temperatury spalin nie zawsze są osiągane. Również w tych przypadkach można zredukować emisje poprzez wstrzymanie chłodzenia lub nawet ogrzanie powietrza doładowującego, ponieważ każda z tych możliwości powoduje wzrost temperatury spalin. Obie opcje najłatwiej zastosować w ramach pośredniego chłodzenia powietrza doładowującego.



Podsystemy zarządzania temperaturą powietrza wlotowego (ATM)

Pośrednie chłodzenie powietrza doładowującego

Chłodzenie powietrza doładowującego zwiększa gęstość powietrza w cylindrze i obniża temperaturę spalania. W układzie ATM powietrze doładowujące nie jest jak zwykle chłodzone powietrzem, lecz płynnym chłodziwem, mieszaniną wody i glikolu stosowaną do chłodzenia silnika. Ciepło odpadowe z powietrza doładowującego jest najpierw przekazywane do chłodziwa, a następnie odprowadzane do powietrza otoczenia poprzez chłodnicę niskotemperaturową.

Zalety pośredniego chłodzenia powietrza doładowującego:

- Wyższa wydajność chłodzenia niż w przypadku konwencjonalnego chłodzenia powietrza doładowującego strumieniem powietrza
- Wyższy stopień wypełnienia cylindra ze względu na mniejsze straty ciśnienia powietrza doładowującego
- Krótszy czas reakcji chłodzenia powietrza doładowującego ze względu na położenie chłodnicy powietrza doładowującego w pobliżu silnika

Recyrkulacja schłodzonych spalin

Powoduje ona zmniejszenie stężenia tlenu w cylindrze, co obniża temperaturę i prędkość spalania. System zarządzania temperaturą powietrza wlotowego (ATM) jest odpowiedni zarówno do wysokociśnieniowej, jak i niskociśnieniowej recyrkulacji spalin. W przypadku wysokociśnieniowej recyrkulacji spalin spaliny pobierane są przed turbosprężarką, schładzane w chłodnicy spalin, a następnie mieszane z powietrzem doładowującym. Jeśli temperatura powietrza wlotowego ma być podwyższona w celu poprawy skuteczności oczyszczania spalin, to chłodnica spalin będzie pomijana przez przewód obejściowy. Niskociśnieniowa recyrkulacja spalin to opcja przyszłościowa. W tym przypadku spaliny nie są pobierane przed – jak w przypadku wysokociśnieniowej recyrkulacji spalin – lecz za turbosprężarką doładowującą napędzaną spalinami, a także za filtrem cząstek stałych. Następnie są one schładzane i mieszane z powietrzem doładowującym przed sprężarką turbosprężarki.

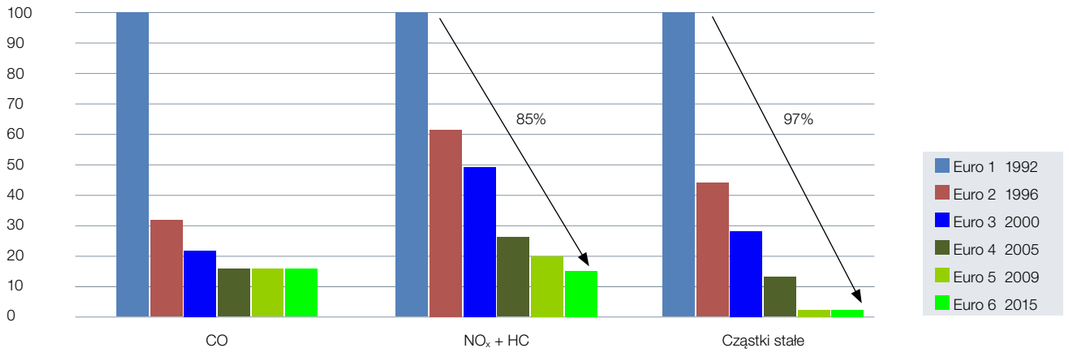
Ogrzewanie powietrza doładowującego

Istnieją 4 sposoby podniesienia temperatury powietrza wlotowego w systemie ATM: poprzez wstrzymanie chłodzenia powietrza doładowującego lub chłodzenia spalin, wstrzymanie obu rodzajów chłodzenia oraz dodatkowo przez ogrzewanie powietrza doładowującego. Podczas ogrzewania część strumienia gorącego chłodziwa zostaje przekierowana z obiegu chłodzenia silnika i doprowadzona do chłodnicy powietrza doładowującego. Podczas testów 2-litrowego agregatu z silnikiem wysokoprężnym na stanowisku testowania silników ze średnim efektywnym ciśnieniem 2 barów zmierzono temperatury spalin za turbiną, których wartości wahały się ze względu na zmianę temperatury powietrza wlotowego zgodnie z powyższymi możliwościami. Wyłączenie chłodzenia powietrza doładowującego spowodowało najniższy wzrost temperatury spalin – o ok. 6°C. Jeśli powietrze doładowujące zostało podgrzane chłodziwem silnika (temperatura termostatu) o temperaturze ok. 85°C, to temperatura spalin za turbiną wzrosła o ok. 16°C. Maksymalny potencjał ogrzewania wynosił ok. 20°C. Najwyższy wzrost wynoszący ok. 57°C uzyskano po wyłączeniu chłodzenia spalin (załączana chłodnica spalin). Po połączeniu tej opcji z podgrzewaniem powietrza doładowującego temperaturę spalin można podwyższyć o ponad 70°C. Przy efektywnym średnim ciśnieniu 4 barów możliwy jest nawet wzrost temperatury o ok. 110°C.

Norma Euro 6 i jej znaczenie

W przypadku samochodów osobowych z silnikiem wysokoprężnym norma Euro 6 – w porównaniu z normami Euro 4 i Euro 5 – nakłada obowiązek dalszej redukcji emisji. Dotyczy to emisji węglowodorów (HC), tlenków azotu (NO_x) i cząstek stałych. Właśnie dlatego kontrola temperatury powietrza wlotowego silnika staje się coraz istotniejsza. Opracowany przez MAHLE system zarządzania temperaturą powietrza wlotowego (ATM) zmniejsza emisję zanieczyszczeń w miejscu ich powstawania, wspomaga oczyszczanie spalin i ułatwia regenerację filtra cząstek stałych. Ponadto synergia między podsystemami ATM oznacza, że wymagana jest mniejsza zainstalowana moc chłodnicza niż w przypadku obecnych systemów, co przekłada się na oszczędność paliwa i mniejsze zapotrzebowanie na przestrzeń montażową.

Emisja spalin z samochodów osobowych z silnikiem Diesla



Zasada działania systemu zarządzania temperaturą powietrza wlotowego (ATM)

ATM składa się z trzech podsystemów: pośredniego chłodzenia powietrza doładowującego, recyrkulacji schłodzonych spalin i chłodzenia silnika. Podsystemy te są połączone i sterowane w taki sposób, aby powietrze wlotowe mogło być chłodzone lub ogrzewane, a temperatura spalania mogła być podwyższana lub obniżana. Obniżenie temperatury następuje poprzez chłodzenie powietrza doładowującego i spalin, a także poprzez dodawanie do powietrza doładowującego jak największej ilości spalin w zależności od stanu obciążenia silnika i odpowiednie obniżenie stężenia tlenu w cylindrze. W celu podwyższenia temperatury spalania chłodzenie powietrza wlotowego i chłodzenie spalin zostaje wstrzymane, dodatkowo podgrzane może być również powietrze wlotowe.

Redukcja emisji

NO_x: Ponieważ między powstawaniem NO_x a temperaturą spalania zachodzi zależność wykładnicza, zmniejszenie tej temperatury powoduje silną redukcję NO_x – obniżenie temperatury o 10°C powoduje redukcję o około 10% przy jednoczesnym zmniejszeniu zużycia paliwa o 0,5–1%. HC i CO: Podczas rozruchu zimnego silnika temperatura spalania jest zazwyczaj jeszcze niska, spalanie jest niecałkowite i dlatego powstają duże ilości HC i CO. Na tym etapie katalizator utleniający nie osiągnął jeszcze temperatury roboczej, dochodzi więc do emisji zanieczyszczeń. W określonych sytuacjach (ruch miejski w zimie, zatrzymywanie i ruszanie) temperatura spalania i katalizatora nawet w trakcie normalnej jazdy może spaść do tego stopnia, że dochodzi do emisji HC i CO. W obu przypadkach gwałtowny wzrost temperatury spalania, a tym samym temperatury spalin przez ATM zmniejsza powstawanie HC i CO oraz sprzyja ich utlenianiu w katalizatorze. Podwyższenie temperatury następuje poprzez wstrzymanie chłodzenia spalin. W tym celu chłodnicę spalin wyposażono w zintegrowane obejście (bypass) i klapę przełączającą. Przeprowadzone na hamowni testy turbodoładowanego silnika wysokoprężnego o pojemności 1,9 litra wykazały zmniejszenie emisji HC i CO o około 30% podczas rozruchu na zimno.

Regeneracja filtra cząstek stałych

Gdy filtr cząstek stałych jest zapełniony, zgromadzoną sadzę należy spalić. W tym celu ATM podnosi temperaturę spalin, która zazwyczaj jest niższa od temperatury zapłonu sadzy wynoszącej 550°C. Spalanie sadzy może być również inicjowane przez obniżenie temperatury zapłonu sadzy, np. przez odpowiedni dodatek do paliwa. Połączenie obu metod, czyli podwyższenie temperatury spalin i obniżenie temperatury zapłonu sadzy, oferuje pewne zalety: można zmniejszyć ilość dodatku i uprościć układ dozowania. Jeśli jednak podnoszenie temperatury przez ATM zostanie połączone z wtryskiem uzupełniającym, to dodatkowy system do regeneracji filtra nie jest zwykle potrzebny.

Oszczędność energii

W zależności od obciążenia silnika w chłodnicy powietrza doładowującego i chłodnicy spalin gromadzą się różne ilości ciepła. Przy obciążeniu częściowym, gdzie współczynnik recyrkulacji spalin może wynosić ponad 50%, więcej chłodziwa potrzeba w chłodnicy spalin niż w chłodnicy powietrza doładowującego. W niektórych punktach obciążenia częściowego, np. dla prędkości 50 km/h na równym terenie, możliwe jest całkowite zrezygnowanie z chłodzenia powietrza doładowującego i udostępnienie całej mocy chłodniczej chłodnicy spalin. Przy pełnym obciążeniu praktycznie cała moc chłodnicza musi być jednak wykorzystana do chłodzenia powietrza doładowującego. Dzięki takiej zorientowanej na zapotrzebowanie dystrybucji przepływu chłodziwa można znacznie zmniejszyć zainstalowaną moc chłodniczą i zaoszczędzić przestrzeń montażową – np. powierzchnię czołową chłodnicy nawet o 10%.

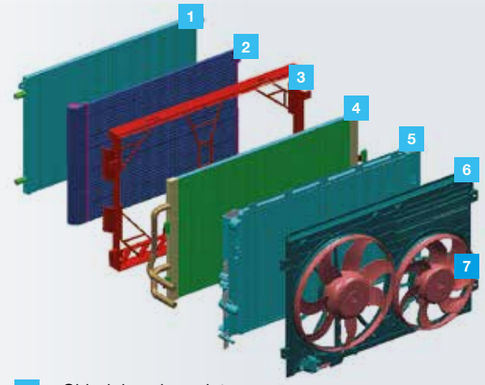
Zarządzanie temperaturą akumulatora w pojazdach hybrydowych

W przypadku akumulatorów o większej pojemności prawidłowa temperatura ma fundamentalne znaczenie. Przy bardzo niskich temperaturach konieczne jest dodatkowe ogrzewanie akumulatora, aby doprowadzić go do idealnego zakresu temperatur. Tylko w ten sposób można uzyskać zadowalający zasięg w trybie jazdy na napędzie elektrycznym.

Aby zrealizować dodatkowe ogrzewanie, akumulator jest zintegrowany z obwodem wtórnym. Obwód ten zapewnia utrzymanie stałej, idealnej temperatury roboczej wynoszącej 15–30°C.

W bloku akumulatorowym znajduje się zintegrowana płyta chłodząca, przez którą przepływa chłodziwo stanowiące mieszaninę wody i glikolu (zielony obwód na rysunku). Przy niskich temperaturach chłodziwo może zostać szybko ogrzane do idealnej temperatury przez układ ogrzewania. Jeśli podczas korzystania z funkcji hybrydowych nastąpi wzrost temperatury akumulatora, ogrzewanie zostaje wyłączone. Chłodziwo może być następnie schłodzone strumieniem powietrza opływającym chłodnicę akumulatora umieszczoną w przedniej części pojazdu.

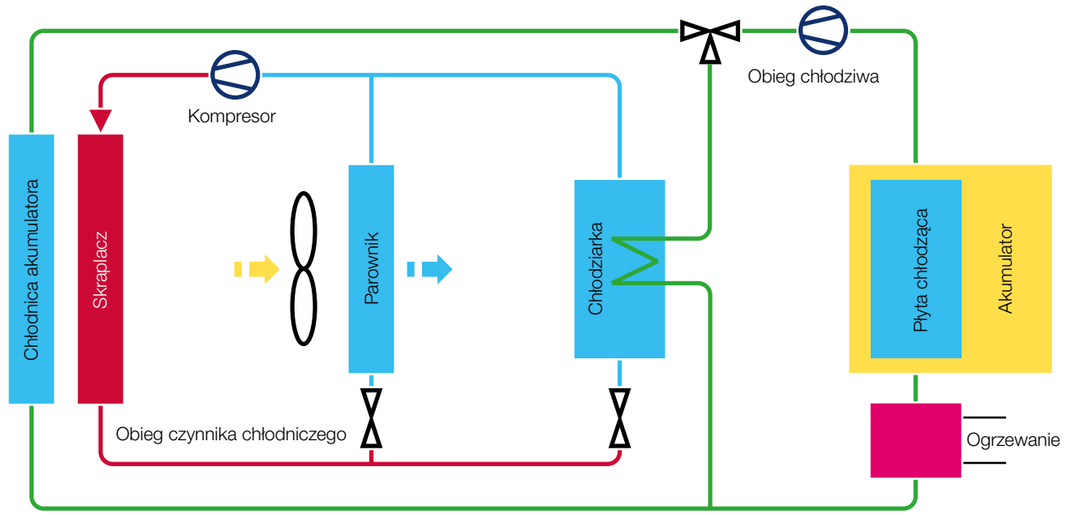
Jeśli przy wysokich temperaturach zewnętrznych chłodzenie za pomocą chłodnicy akumulatora nie wystarczy, chłodziwo przepływa przez chłodziarkę (tzw. chiller) lub specjalny wymiennik ciepła. Służy on do odparowania czynnika chłodniczego z układu klimatyzacji pojazdu. Ponadto ciepło może być przenoszone z obiegu wtórnego na parujący czynnik chłodniczy w sposób bardzo kompaktowy i z wysoką gęstością mocy. Zachodzi wówczas dodatkowe chłodzenie wtórne chłodziwa. Dzięki zastosowaniu chłodziarki akumulator można eksploatować w zakresie temperatur optymalnym dla wydajności.



1 Chłodnica akumulatora
2 Skraplacz
3 Rama modułu
4 Chłodnica elektroniki mocy
5 Chłodnica chłodziwa
6 Rama wentylatora
7 Wentylator

Moduł chłodzący w pojeździe hybrydowym

Obwód bazujący na chłodziwie i czynniku chłodniczym (tzw. pośrednie chłodzenie akumulatora)



Dogrzewacz PTC

Ze względu na wysoką sprawność nowoczesnych silników z wtryskiem bezpośrednim, wysokoprężnych i benzynowych (silniki Direct Injection), ciepło odpadowe silnika często nie wystarcza do szybkiego ogrzania wnętrza w zimne dni, ani do uzyskania komfortowych temperatur podczas jazdy po mieście i w ruchu ulicznym. Wiąże się to również z pogorszeniem bezpieczeństwa jazdy, ponieważ istnieje możliwość zaparowania szyb. Aby wyeliminować niedobór mocy grzewczej, firma MAHLE opracowała trzy rodzaje nagrzewnic pomocniczych: elektryczne dogrzewacze PTC, pompy ciepła CO_2 do spontanicznego podgrzewania powietrza nawiewanego oraz wymienniki ciepła spalin do szybszego podgrzewania chłodziwa. Podgrzewanie chłodziwa zwiększa wydajność i spontaniczność konwencjonalnej nagrzewnicy, a także skraca fazę rozruchu na zimno. Pompy ciepła pracują w oparciu o nowy układ klimatyzacji CO_2. Zastosowanie wymienionych dogrzewaczy umożliwia spełnienie wymogów krajowych i międzynarodowych norm. Komponenty PTC należą do kategorii nieliniowych rezystorów ceramicznych. PTC to skrót od terminu Positive Temperature Coefficient, który oznacza dodatni współczynnik temperaturowy – tzn. opór elektryczny wzrasta wraz z temperaturą elementu. Nie jest to jednak do końca prawda, ponieważ na początku oporność spada wraz ze wzrostem temperatury. W tym zakresie krzywa charakterystyki rezystancji ma ujemną charakterystykę temperaturową. Dopiero po osiągnięciu minimalnej oporności ujemna charakterystyka temperaturowa zmienia się na dodatnią. Oznacza to, że w miarę wzrostu temperatury oporność najpierw powoli spada, a następnie gwałtownie wzrasta od około 80°C aż do punktu, w którym element PTC nie przyjmie praktycznie żadnego dodatkowego prądu. Jeżeli w tym momencie przez dogrzewacz PTC nie przepływa powietrze, temperatura powierzchni elementu PTC wynosi około 150°C, a metalowej ramy – około 110°C.

Budowa i zasada działania

Dogrzewacz PTC składa się z kilku elementów grzejnych, ramy montażowej, ramy izolacyjnej oraz przekaźnika lub elektroniki mocy. Elementy grzejne składają się z wkładów ceramicznych PTC, płytek stykowych, złączy i aluminiowych żeber falistych. Żebra faliste zwiększają emitującą ciepło powierzchnię płytek kontaktowych. W celu zwiększenia przepływu ciepła po stronie powietrza żebra faliste zostały wyposażone w szczeliny (tzw. skrzela). Dzięki lepszemu transferowi ciepła można mocno ograniczyć wzrost prądu rozruchowego w porównaniu z dogrzewaczami z żebrami falistymi bez szczelin. Wiąże się to z jeszcze jedną zaletą: poszczególne ciągi PTC można częściej załączać. Dzięki temu dogrzewacz można eksploatować z wyższą wydajnością całkowitą. Know-how w zakresie wytwarzania modułów ze skrzelami wywodzi się z produkcji chłodnic. Dogrzewacz jest umieszczony w układzie klimatyzacji w strumieniu powietrza bezpośrednio za konwencjonalnym wymiennikiem ciepła, czyli powietrznym wymiennikiem ciepła dla czynnika chłodniczego.

Redukuje to wymaganą przestrzeń montażową do minimum. Gdy temperatura zewnętrzna jest niska, a silnik zimny, przez dogrzewacz PTC przepływa początkowo tylko zimne powietrze lub powietrze lekko podgrzane przez wymiennik ciepła. Temperatura i oporność elementów grzejnych są niskie, ale moc grzewcza jest wysoka. Gdy zadziała konwencjonalne ogrzewanie, wzrasta temperatura powietrza i oporność, a moc grzewcza odpowiednio maleje. Przy temperaturze powierzchni dogrzewacza PTC, przez który przepływa ciepłe powietrze o temperaturze 25°C, uzyskuje się przepływ objętościowy 480 kg powietrza na godzinę. Przy tej temperaturze powietrza przyjmuje się średnią temperaturę 50°C w obwodzie grzewczym.

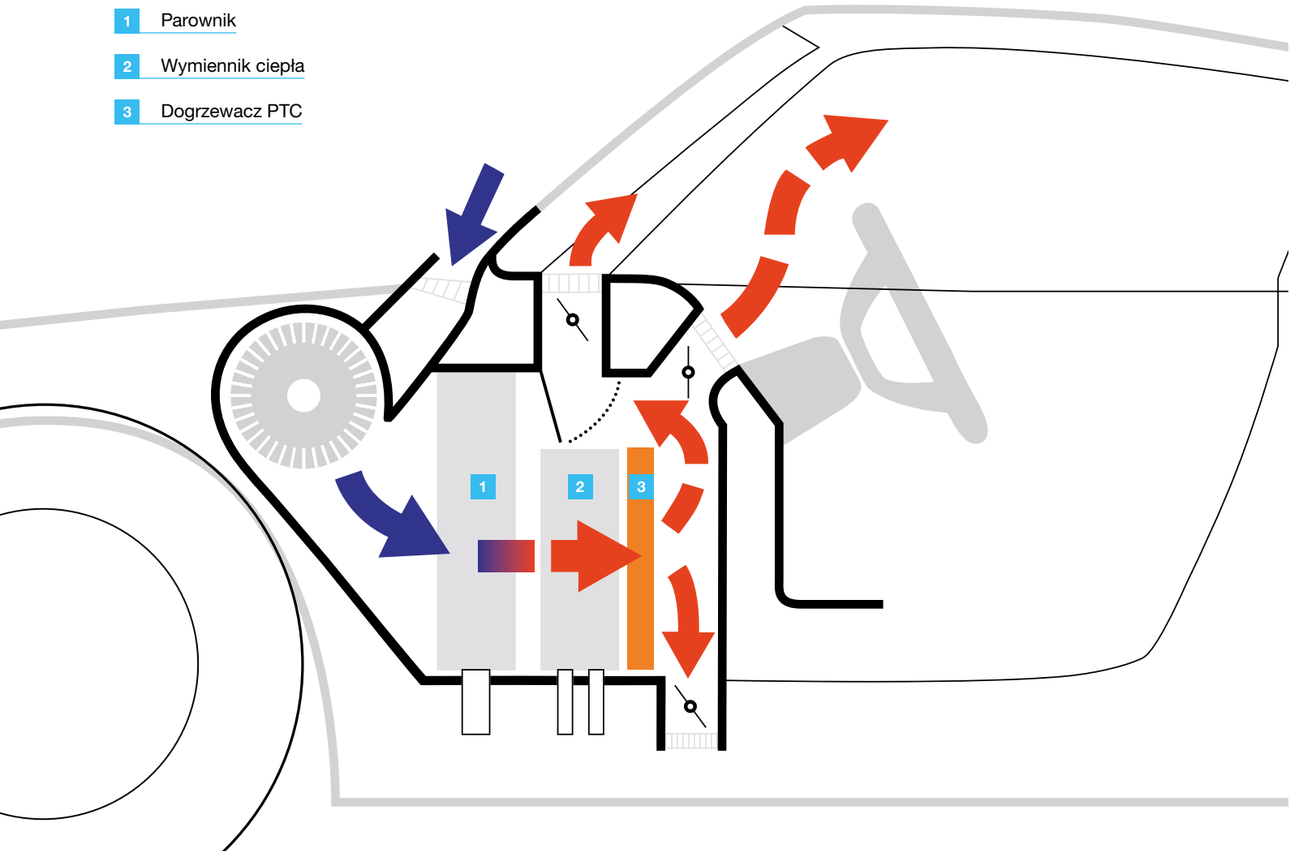
Wydajność i spontaniczne użycie

Nominalną oporność elementu PTC można dobrać na różne sposoby, tak aby odpowiednio zmieniły się zużycie energii i moc. Niska rezystancja nominalna pozwala na uzyskanie wysokiej mocy cieplnej podczas pracy. Moc dogrzewaczy PTC wynosi od 1 do 2 kW. Przy mocy 2 kW osiągana jest granica mocy sieci o napięciu 12 V (150 A przy 13 V). W przypadku instalacji pokładowej o napięciu 42 V możliwe jest uzyskanie wyższej mocy. Ze względu na małą masę i fakt, że ciepło wytworzone elektrycznie przekazywane jest bezpośrednio do strumienia powietrza bez przekierowania, działanie dogrzewacza PTC można odczuć niemal natychmiast. Tak wysoka szybkość działania przy spontanicznym użyciu jest cechą charakterystyczną dogrzewaczy PTC. Ponieważ silnik szybciej osiąga temperaturę roboczą dzięki dodatkowemu obciążeniu alternatora, konwencjonalne ogrzewanie również może zadziałać szybciej. Ta dodatkowa moc grzewcza stanowi około dwóch trzecich mocy dogrzewacza PTC. W praktyce ta moc cieplna może być przypisana do dogrzewacza PTC. Moc dogrzewacza PTC modelu 220 CDI klasy E wynosi 1,6 kW. Dogrzewacz PTC jest zintegrowany z modułem klimatyzacyjnym bezpośrednio za konwencjonalnym wymiennikiem ciepła.

Przykładowy test

Pojazd wychłodził się w nocy do temperatury -20°C (w misce olejowej). Następnie przeprowadzono test w tunelu klimatyczno-aerodynamicznym przez 30 minut na 3. biegu, z prędkością 32 km/h, co stanowi realistyczną średnią prędkość dla ruchu miejskiego. Po 20 minutach średnia temperatura w kabinie z użyciem dogrzewacza PTC osiągnęła 18°C – bez włączenia tego podzespołu odnotowano tylko 10°C. Temperaturę „komfortową” wynoszącą 24°C osiągnięto przy użyciu dogrzewacza PTC po 30 minutach, a bez dogrzewacza – dopiero po ponad 50 minutach.

1 Parownik
2 Wymiennik ciepła
3 Dogrzewacz PTC



Bezpieczeństwo działania

Krzywa charakterystyki oporności elementów PTC zapobiega przegrzaniu dogrzewacza PTC. Temperatura powierzchni ramy metalowej zawsze wynosi poniżej 110°C. Ponadto przy wyższych temperaturach wydmuchu wymiennika ciepła moc nagrzewnicy PTC ulega zmniejszeniu. Elektronika mocy umożliwia sterowanie dogrzewaczem PTC w kilku stopniach lub bezstopniowo, tak aby możliwe było dostosowanie do wymaganej mocy grzewczej lub dostępnej mocy elektrycznej.

Wysterowanie

Sterowanie dogrzewaczem PTC odbywa się albo zewnętrznie za pomocą przekaźników, albo za pomocą sterownika zintegrowanego z elektroniką mocy. W przypadku sterowania za pomocą przekaźników producent pojazdu określa, które i ile stopni zostaje włączonych. W przypadku układu sterowania zintegrowanego z dogrzewaczem można rozróżnić funkcjonalność minimalną i wysoką. Przy funkcjonalności minimalnej stopnie są załączane indywidualnie. Elektronika mocy chroni dogrzewacz przed przepięciem, zwarciem i zamianą biegunów. Przeprowadzenie diagnostyki dla tego rodzaju sterowania nie jest możliwe. W przypadku sterowania stopniowego możliwe jest zastosowanie do ośmiu stopni. Dogrzewacz PTC używany w modelach klasy E ma siedem stopni. Wysterowanie następuje zależnie od zasobów mocy i zapotrzebowania na dogrzewanie, czyli pożądanego komfortu cieplnego. W układzie sterowania o wysokiej funkcjonalności sterowanie elektroniką mocy odbywa się np. bezstopniowo poprzez magistralę LIN lub CAN pojazdu.

W ten sposób energia elektryczna dostarczana przez instalację pokładową w danym momencie może być zawsze optymalnie wykorzystana do dodatkowego ogrzewania. Oprócz zabezpieczenia przed przepięciem, zwarciem i zamianą biegunów elektronika mocy o wysokiej funkcjonalności dysponuje zabezpieczeniem nadprądowym na stopień, zabezpieczeniem obwodu drukowanego przed przegrzaniem oraz funkcją kontroli napięcia. Sterowanie o wysokiej funkcjonalności jest diagnozowane za pomocą układu EPROM, a tym samym pozwala na zapisywanie wariantów (EPROM = Erasable Programmable Read Only Memory; programowalna pamięć tylko do odczytu, której zawartość może być ponownie skasowana).

Nowe projekty

Nowa generacja dogrzewaczy PTC różni się od poprzednich zredukowanym ciężarem, mniejszym spadkiem ciśnienia (które zmniejsza wydajność dmuchawy) oraz niższymi kosztami produkcji.

Właściwości techniczne:

- Dodatkowe ogrzewanie elektryczne; moc 1–2 kW
- Źródło ciepła: samoregulujące elementy ceramiczne PTC, maks. temperatura na powierzchni ceramiki 150°C, gdy przez sieć grzewczą nie przepływa powietrze
- Doskonały transfer ciepła dzięki technologii żeber falistych z niskim spadkiem ciśnienia powietrza nawiewanego
- Sterowanie stopniowe lub liniowe za pomocą przekaźnika lub elektroniki sterującej
- Duża spontaniczność użytkowania i wysoka sprawność
- Modułowa konstrukcja umożliwia optymalne dopasowanie do dostępnej przestrzeni montażowej w pojeździe
- Absolutnie bezpieczna eksploatacja, brak zagrożenia dla sąsiednich komponentów dzięki ograniczeniu temperatury (charakterystyka PTC)
- Ze względu na małe straty ciśnienia wymagany jest tylko niewielki wzrost wydajności dmuchawy

Diagnostyka, konserwacja i naprawa

Chłodziwo zużyte/nowe

Chłodziwo, środek przeciw zamarzaniu i środek antykorozyjny

Chłodziwo to ogólny termin określający płyn chłodzący w układzie chłodzenia. Chłodziwo chroni przed mrozem, rdzą, przegrzaniem oraz działa jako środek smarny. Jego zadaniem jest pochłanianie ciepła z silnika i odprowadzanie go przez chłodnicę.

Chłodziwo jest mieszaniną wody i środka zapobiegającego zamarzaniu (glikol/etanol), a także różnych dodatków (substancje goryczkowe, krzemiany, przeciwutleniacze, środki przeciwpieniące) i barwników. Substancje goryczkowe mają za zadanie zapobiegać przypadkowemu wypiciu chłodziwa. Krzemiany tworzą warstwę ochronną na powierzchniach metalowych i zapobiegają m.in. powstawaniu osadów wapiennych. Przeciwutleniacze zapobiegają korozji komponentów. Środki przeciwpieniące tłumią spienianie się chłodziwa. Glikol zachowuje elastyczność węży i uszczelek oraz podnosi temperaturę wrzenia chłodziwa.

Stosunek mieszania wody ze środkiem przeciw zamarzaniu powinien wynosić od 60:40 do 50:50. Zapewnia to zwykle ochronę przed zamarzaniem w zakresie od -25°C do -40°C. Minimalne proporcje składników powinny wynosić 70:30, a maksymalne 40:60. Dalsze zwiększanie współczynnika ochrony przed zamarzaniem (np. 30:70) nie skutkuje obniżeniem temperatury zamarzania. Wręcz przeciwnie – nierozcieńczony środek zapobiegający zamarzaniu zamarza już w temperaturze około -13°C i nie odprowadza wystarczającej ilości ciepła silnika w temperaturach powyżej 0°C. Mogłoby to doprowadzić do przegrzania silnika. Ponieważ glikol ma bardzo wysoką temperaturę wrzenia, temperaturę wrzenia chłodziwa można zwiększyć do 135°C poprzez dobór odpowiedniej proporcji mieszania. Dlatego również w ciepłych krajach należy stosować wystarczającą ilość środka przeciw zamarzaniu. Należy zawsze przestrzegać do zaleceń producenta. Typowa proporcja może wynosić 40/60% lub 50/50% przy zastosowaniu wody z inhibitorami (jakość wody pitnej).

Chłodziwa lub ich dodatki podlegają określonemu zużyciu – niektóre z dodatków zużywają się przez lata. Jeśli ulegną zużyciu na przykład dodatki antykorozyjne, chłodziwo zmieni kolor na brązowy. Z tego powodu niektórzy producenci pojazdów określają wymagany termin wymiany chłodziwa. Układy chłodzenia w nowszych pojazdach są coraz częściej napełniane tzw. chłodziwem o przedłużonej trwałości (wersja Long Life, np. VW G12++/G13). W normalnych warunkach (jeśli nie występują zanieczyszczenia) nie ma potrzeby wymiany płynu chłodzącego (VW) lub jest ona konieczna dopiero po 15 latach lub przejechaniu 250 000 km (nowsze modele Mercedesów). Ogólnie rzecz biorąc, chłodziwo należy wymienić w przypadku zanieczyszczenia (olej, korozja) oraz w pojazdach, w których nie zastosowano chłodziwa o przedłużonej trwałości. W kwestii specyfikacji, okresów wymiany, proporcji i tolerancji mieszania środka przeciw zamarzaniu należy bezwzględnie przestrzegać wytycznych producenta pojazdu.

Chłodziwo nie może przedostać się do wód gruntowych ani być odprowadzane przez separator oleju. Należy je wychwycić i zutylizować osobno.

Konserwacja chłodnicy

Możliwe jest czyszczenie strumieniem pary pod niskim ciśnieniem (od wewnątrz do zewnątrz) – tak jak w przypadku skraplaczy. Do czyszczenia od zewnątrz można również użyć sprężonego powietrza o zredukowanym ciśnieniu.

Płukanie układu chłodzenia

Jeśli chłodziwo jest zanieczyszczone, należy je spuścić i przepłukać układ chłodzenia.

Możliwe zanieczyszczenia:

- Olej (uszkodzona uszczelka pod głowicą cylindrów)
- Rdza (wewnętrzna korozja silnika)
- Aluminium (wewnętrzna korozja chłodnicy)
- Substancje obce (dodatki/środki uszczelniające)
- Cząsteczki obce (uszkodzona pompa chłodziwa)

W zależności od stopnia zabrudzenia układ chłodzenia należy czyścić ciepłą wodą lub specjalnym płynem do płukania. Istnieją różne procedury płukania zalecane przez określonych producentów pojazdów i przypisane do wskazanych objawów. Na przykład w przypadku rdzawo-brązowego przebarwienia chłodziwa i spadku mocy grzewczej Audi zaleca płukanie specjalnym płynem do płukania. W razie konieczności wielokrotnego płukania należy zdemontować termostat i dokonać pomiaru mocy grzewczej przed i po płukaniu. Opel informuje np., że w modelach Corsa B, Vectra B i Omega B produkowanych do roku 1997 zatkana chłodnica może być przyczyną zbyt wysokiej temperatury silnika. W takiej sytuacji należy przeprowadzić płukanie ciepłą wodą (>50°C) i wraz z chłodnicą zregenerować wszystkie części przewodzące chłodziwo (wymiennik ciepła, głowica cylindra itp.). Stopień zanieczyszczenia i specyfikacje producenta pojazdu określają zatem procedurę i środek płuczący, które należy zastosować. Należy pamiętać, że ze względu na typ konstrukcji (np. rurki płaskie) nie wszystkie elementy współczesnych systemów chłodzenia można przepłukać i dlatego trzeba je wymienić.

Dotyczy to w szczególności następujących elementów:

- Termostat
- Chłodnica
- Zawory elektryczne
- Korek układu chłodzenia
- Wymiennik ciepła

Jeśli z powodu zanieczyszczeń (olej, rdza) nie można odczytać poziomu chłodziwa w zbiorniku wyrównawczym, zbiornik należy również wymienić. Zasadniczo należy zawsze wymieniać termostat i korek układu chłodzenia. Przed zastosowaniem specjalnych środków czyszczących w układzie chłodzenia trzeba się upewnić, że nie wykazują one agresywnego działania wobec materiałów uszczelniających i nie przedostaną się do wód gruntowych ani nie zostaną odprowadzane przez separator oleju. Środki czyszczące należy wychwycić razem z chłodziwem i zutylizować osobno. Po płukaniu układ należy ponownie napełnić chłodziwem zgodnie z zaleceniami producenta pojazdu (przestrzegać specyfikacji i proporcji mieszania), a następnie odpowietrzyć i sprawdzić jego działanie i szczelność.

Odpowietrzenie układu podczas napełniania

Kieszenie powietrzne w układzie chłodzenia pojazdów silnikowych są powszechnym problemem. Te pęcherze powietrza powstają w wyniku ustawienia chłodnicy lub zbiornika wyrównawczego na poziomie lub nawet poniżej poziomu silnika pojazdu. Z tego powodu całkowite odpowietrzenie układu chłodzenia po naprawie lub podczas wymiany chłodziwa może stanowić poważny problem. Powietrze pozostające w układzie chłodzenia znacznie ogranicza cyrkulację chłodziwa i może prowadzić do przegrzania silnika oraz wynikających z tego poważnych uszkodzeń. Bardzo przydatne jest w tym przypadku specjalne narzędzie do napełniania i odpowietrzania.

Za pomocą tego narzędzia można:

- usunąć pęcherzyki powietrza,
- zidentyfikować nieszczelności,
- przeprowadzić szybkie napełnienie układu chłodzenia.

Narzędzie podłącza się do chłodnicy lub zbiornika wyrównawczego za pomocą załączonego adaptera. Następnie należy podłączyć przewód sprężonego powietrza, który służy do zasilania narzędzi pneumatycznych. Układ chłodzenia zostanie teraz opróżniony przez specjalny zawór i powstanie wysokie podciśnienie. Następnie należy podłączyć dołączony wąż ssący i z czystego zbiornika na chłodziwo (wiadro, pojemnik) napełnić układ świeżą mieszaniną wody i środka przeciw zamarzaniu. Za pomocą manometru, który mierzy podciśnienie w narzędziu, można także sprawdzić szczelność całego układu.

Sprawdzanie układu chłodzenia za pomocą próby ciśnieniowej i próby spadku ciśnienia

Do kontroli szczelności układu chłodzenia zaleca się zastosowanie testera ciśnienia. Ciśnienie w układzie chłodzenia należy zwiększyć za pomocą pompy ręcznej. Obserwując manometr, można w razie spadku ciśnienia stwierdzić nieszczelność układu. Uniwersalne lub przypisane dla danego pojazdu adaptery umożliwiają podłączenie pompy do niemal wszystkich popularnych pojazdów użytkowych, samochodów osobowych, maszyn rolniczych i budowlanych za pośrednictwem szybkozłączki. W przypadku trudnych do wykrycia nieszczelności układ chłodzenia można wcześniej napełnić środkiem kontrastowym.

Korozja spowodowana nieprawidłowym lub starym chłodziwem

Osady kamienia wynikające ze stosowania czystej wody (bez chłodziwa)

Typowe uszkodzenia

Na zdjęciach pokazano typowe uszkodzenia spowodowane przez różne czynniki.

Chłodnica chłodziwa

Każda usterka powoduje zmniejszenie wydajności chłodnicy. Naprawy nowoczesnych chłodnic chłodziwa nie są powszechnie dostępną opcją, ponieważ spawanie aluminium jest dość trudne i może powodować zatory w wąskich kanalikach. Nie wolno używać środka uszczelniającego, ponieważ on również może powodować zatory i zmniejszać wydajność.

Kabinowy wymiennik ciepła

Osady kamienia i zastosowane środki uszczelniające mogą prowadzić do zatorów w kabinowym wymienniku ciepła (podobnie jak w chłodnicy). Niektóre z nich można usunąć, wypłukując je odpowiednimi środkami czyszczącymi. Należy tutaj przestrzegać instrukcji producenta pojazdu.

Wymiennik ciepła z osadami kamienia

Kontrola i diagnostyka układu chłodzenia

W razie usterki układu chłodzenia – takiej jak niewystarczająca moc grzewcza, nieosiągnięcie temperatury roboczej silnika lub jego przegrzanie – można w prosty sposób zbadać przyczynę awarii. Przede wszystkim należy sprawdzić, czy w układzie chłodzenia jest wystarczająca ilość chłodziwa, a także skontrolować układ pod kątem zanieczyszczeń, obecności środka przeciw zamarzaniu i nieszczelności. Warto się również upewnić, czy pasek klinowy lub żebrowany jest wystarczająco naprężony.

Następnie, w zależności od objawów, można kontynuować wyszukiwanie usterek, obserwując podzespoły lub zmiany temperatury:

Przegrzany silnik:

- **Czy wskazywana temperatura jest realistyczna?**
  (w razie potrzeby sprawdzić czujnik temperatury chłodziwa i wyświetlacz)
- **Czy chłodnica chłodziwa lub znajdujące się przed nią podzespoły (skraplacz klimatyzacji) nie są zanieczyszczone i umożliwiają nieutrudniony przepływ powietrza?**
  (w razie potrzeby oczyścić podzespoły)
- **Czy wentylator chłodnicy lub pomocniczy jest sprawny?**
  (sprawdzić punkt załączania, bezpiecznik, wyłącznik termiczny, układ sterujący wentylatora, sprawdzić pod kątem uszkodzeń mechanicznych)
- **Czy termostat się otwiera?**
  (zmierzyć temperaturę przed i za termostatem, w razie potrzeby zdemontować termostat i sprawdzić w łaźni wodnej)
- **Czy chłodnica chłodziwa jest zatkana?**
  (skontrolować temperaturę na wlocie i wylocie chłodnicy, skontrolować natężenie przepływu)
- **Czy pompa chłodziwa jest sprawna?**
  (sprawdzić, czy koło pompy nie jest luźno zamontowane na wale napędowym)
- **Czy zawór nadciśnieniowy lub podciśnieniowy korka chłodnicy lub zbiornika wyrównawczego jest sprawny?**
  (w razie potrzeby użyć pompy testowej, sprawdzić, czy obecne jest uszczelnienie korka zamykającego i czy nie jest uszkodzone)

Silnik nie nagrzewa się:

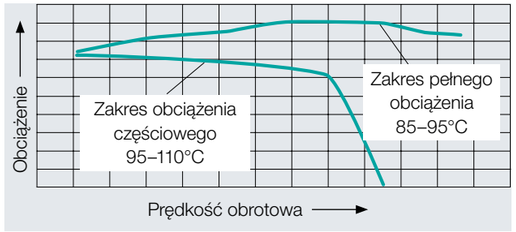
- **Czy wskazywana temperatura jest realistyczna?**
  (w razie potrzeby sprawdzić czujnik temperatury cieczy chłodzącej i wyświetlacz)
- **Czy termostat jest stale otwarty?**
  (zmierzyć temperaturę przed i za termostatem, w razie potrzeby zdemontować termostat i sprawdzić w łaźni wodnej)
- **Czy wentylator chłodnicy lub wentylator pomocniczy pracuje w sposób ciągły?**
  (sprawdzić punkt załączania, wyłącznik termiczny, układ sterujący wentylatora)

Ogrzewanie nie wytwarza wystarczającej ilości ciepła:

- **Czy silnik osiąga temperaturę roboczą i czy chłodziwo nagrzewa się?**
  (w razie potrzeby najpierw przeprowadzić etapy badania opisane w punkcie „Silnik nie nagrzewa się”)
- **Czy zawór grzewczy otwiera się?**
  (sprawdzić sterowanie elektryczne lub cięgno Bowdena i zawór)
- **Czy chłodnica grzewcza (kabinowy wymiennik ciepła) jest zatkany?**
  (sprawdzić temperaturę na wlocie i wylocie wymiennika ciepła, sprawdzić natężenie przepływu)
- **Czy działa sterowanie klapą?**
  (skontrolować położenia i ograniczniki klapy, działanie obiegu świeżego powietrza, dysze wylotu powietrza)
- **Czy dmuchawa kabinowa jest sprawna?**
  (głośna praca, stopnie wentylatora)
- **Czy filtr kabinowy jest zabrudzony lub czy występuje przepływ powietrza?**
  (sprawdzić filtr kabinowy, sprawdzić kanały wentylacyjne pod kątem dostępu powietrza spoza układu)

Chłodzenie sterowane elektronicznie*

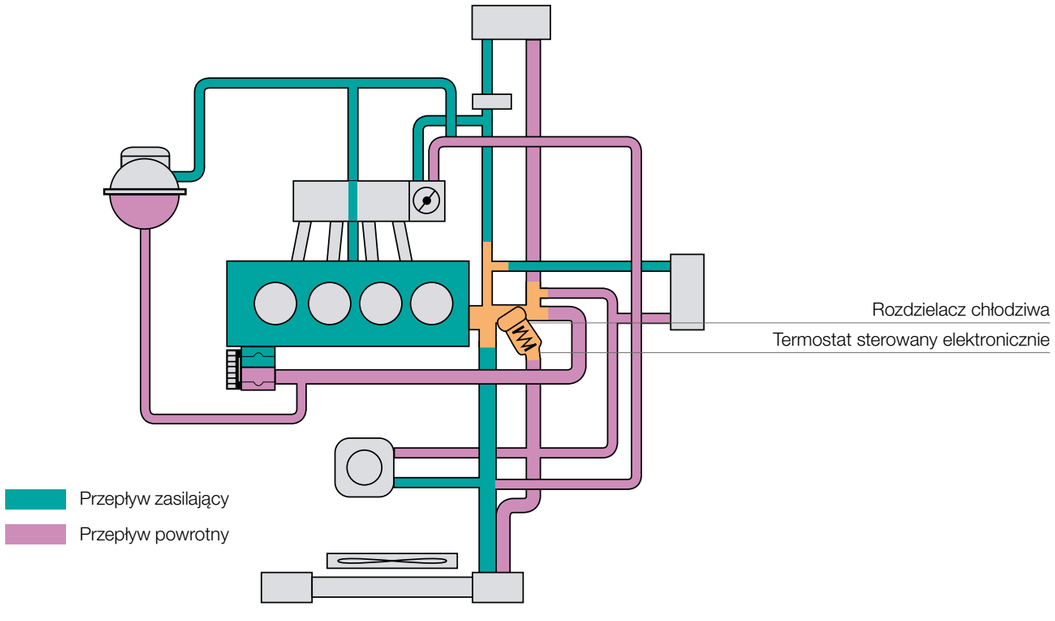
Przykład: silnik VW 1,6 l APF



Poziom temperatury chłodziwa

Osiągi silnika zależą od jego właściwego chłodzenia. W przypadku chłodzenia sterowanego termostatem temperatury chłodziwa wynoszą od 95–110°C dla zakresu obciążenia częściowego i od 85–95°C dla zakresu pełnego obciążenia. Wyższe temperatury dla obciążenia częściowego zapewniają korzystniejsze osiągi, co oznacza pozytywny wpływ na zużycie paliwa i zawartość zanieczyszczeń w spalinach. Również niższe temperatury w zakresie pełnego obciążenia poprawiają osiągi. Zasysane powietrze jest mniej nagrzewane, co prowadzi do zwiększenia wydajności silnika.

Przegląd układów chłodzenia sterowanych elektronicznie



Opracowanie sterowanego elektronicznie układu chłodzenia miało na celu regulację temperatury roboczej silnika względem wartości zadanej w zależności od stanu obciążenia. Zgodnie z mapami fazowymi zapisanymi w sterowniku silnika optymalną temperaturę roboczą uzyskuje się przy użyciu termostatu podgrzewanego elektrycznie oraz stopni wentylatora chłodnicy. Dzięki temu chłodzenie może być regulowane w całym zakresie mocy i obciążenia silnika.

Zalety dostosowania temperatury chłodziwa do aktualnych warunków pracy silnika:

- Redukcja zużycia paliwa w zakresie obciążenia częściowego
- Ograniczenie emisji CO i HC

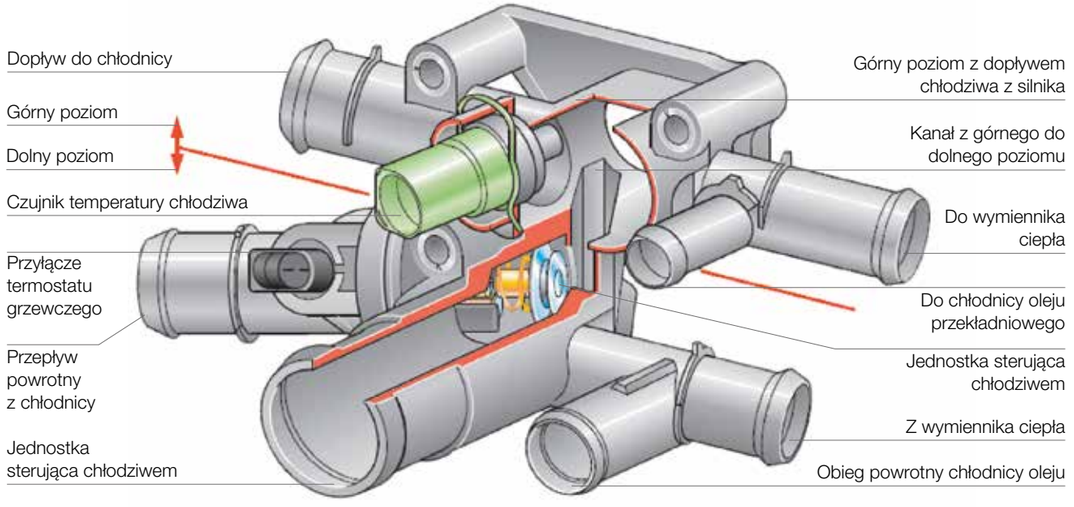
Zmiany w porównaniu z konwencjonalnym obiegiem chłodzenia:

- Integracja z obiegiem chłodzenia poprzez minimalne zmiany konstrukcyjne
- Rozdzielacz chłodziwa i termostat stanowią jeden zespół
- Można wyeliminować regulator chłodziw (termostat) na bloku silnika
- Sterownik silnika zawiera dodatkowo mapy fazowe dla układu chłodzenia sterowanego elektronicznie

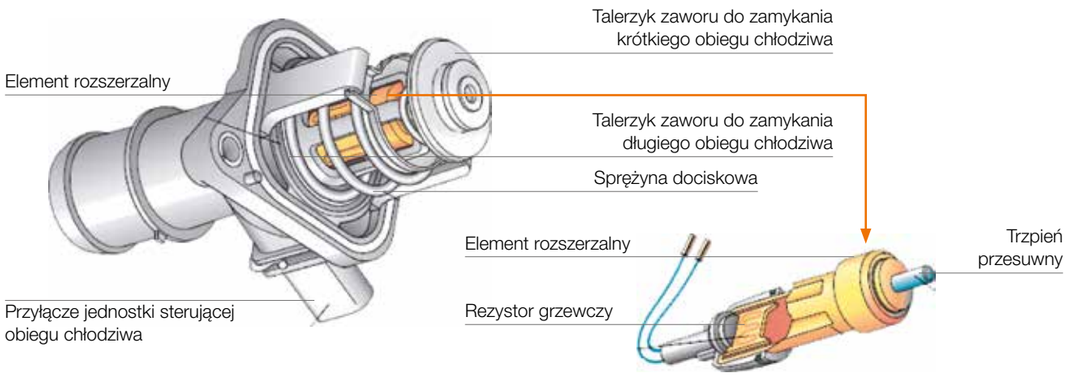
Rozdzielacz chłodziwa

Rozdzielacz chłodziwa jest montowany bezpośrednio na głowicy cylindra, a nie na króćcu przyłączeniowym. W budowie tej jednostki można wyróżnić dwa poziomy. Poszczególne podzespoły są zasilane chłodziwem z górnego poziomu. Wyjątek stanowi zasilanie pompy chłodziwa. Na dolnym poziomie rozdzielacza podłączono obieg powrotny chłodziwa z poszczególnych komponentów. Górny i dolny poziom łączy pionowy kanał.

Termostat otwiera/zamyka kanał pionowy za pomocą małego talerzyka zaworu. Rozdzielacz chłodziwa jest praktycznie stacją, która rozdziela przepływ chłodziwa do dużego lub małego obiegu chłodzenia.



*** Od VW Audi/Self Study Program 222/Układ chłodzenia sterowany elektronicznie**



Jednostka sterująca chłodziwem

Części funkcjonalne

- Termostat rozprężny (z elementem woskowym)
- Grzałka oporowa w elemencie woskowym
- Sprężyny dociskowe do mechanicznego zamykania kanałów chłodziwa, 1 duży i 1 mały talerzyk zaworu

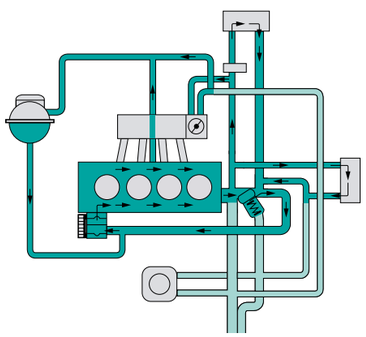
Sposób działania

Termostat rozprężny w rozdzielaczu chłodziwa jest stale otoczony chłodziwem. Nieogrzany element woskowy steruje tak jak dotychczas, jest jednak ustawiony na inną temperaturę. Przy wyższej temperaturze chłodziwa wosk staje się płynny i rozszerza się.

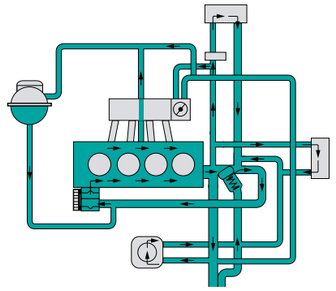
Rozszerzenie powoduje skok trzpienia przesuwnego. Zazwyczaj następuje to (bez zasilania) zgodnie z nowym profilem temperaturowym przy temperaturze chłodziwa wynoszącej 110°C na wypływie z silnika. Element woskowy ma wbudowany rezystor grzewczy. Jeśli będzie on zasilany prądem, dodatkowo podgrzeje element woskowy, a skok lub przemieszczenie będzie zależeć nie tylko od temperatury chłodziwa, ale także od parametru określonego w mapie fazowej zapisanej w jednostce sterującej silnika.

Długi i krótki obieg chłodziwa

Podobnie jak w przypadku poprzednich obwodów, tutaj również istnieją dwa obwody, które są odpowiednio sterowane. Podczas rozruchu na zimno i przy częściowym obciążeniu krótki obieg służy do szybkiego rozgrzania silnika. Sterowane fazowo chłodzenie silnika jeszcze nie działa. Termostat w rozdzielaczu chłodziwa zablokował przepływ powrotny z chłodnicy chłodziwa i otworzył krótki obieg do pompy chłodziwa. Chłodnica nie jest podłączona do obiegu chłodziwa.



Długi obieg chłodziwa jest otwierany albo przez termostat w regulatorze chłodziwa po osiągnięciu ok. 110°C, albo – w zależności od obciążenia – przez mapę fazową. Chłodnica jest teraz podłączona do obiegu chłodziwa. W celu wspomagania chłodzenia strumieniem powietrza lub na biegu jałowym w zależności od potrzeb włączane są wentylatory elektryczne.



Sterowanie elektroniczne – przegląd

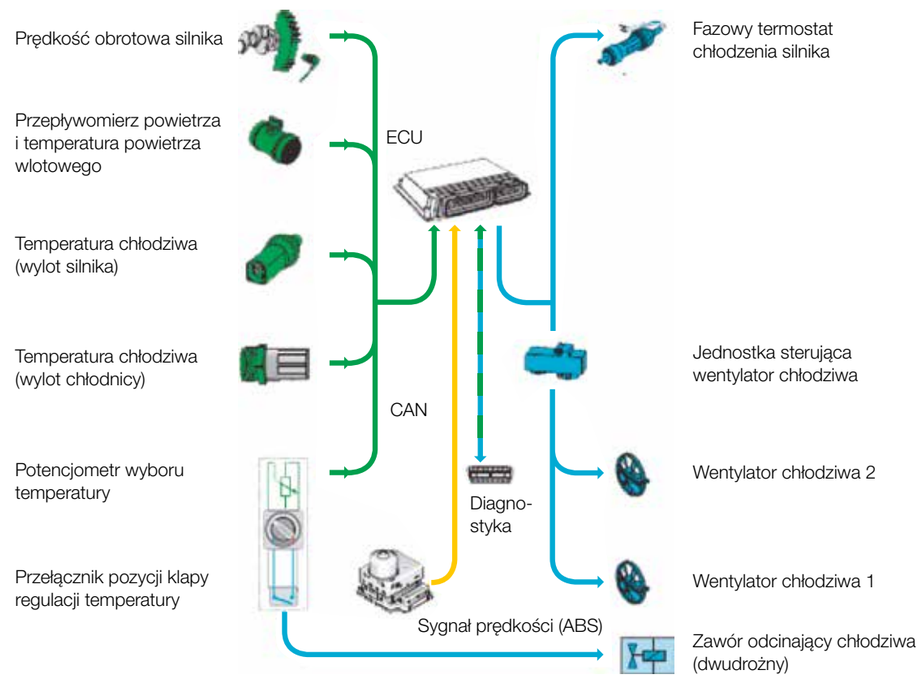
Jednostka sterująca silnika została rozbudowana o przyłącza dla czujników i aktuatorów sterowanego elektronicznie układu chłodzenia:

- Zasilanie termostatu (wyjście)
- Temperatura powrotu chłodnicy (wejście)
- Sterowanie wentylatorem chłodnicy (2 wyjścia)
- Potencjometr na regulatorze ogrzewania (wejście)

Obliczanie funkcji dla temperatury na mapie fazowej odbywa się co sekundę. W wyniku obliczeń funkcji następuje inicjacja sterowania systemem:

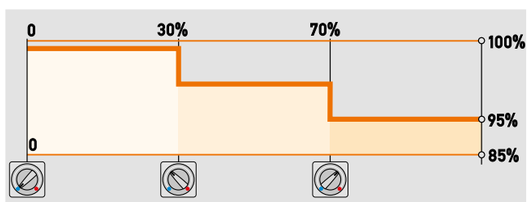
- Aktywacja (zasilanie) rezystora grzewczego w termostacie do fazowego sterowania chłodzeniem silnika w celu otwarcia długiego obiegu chłodzenia (regulacja temperatury chłodziwa)
- Wysterowanie wentylatorów chłodnic wspomagających szybkie obniżenie temperatury chłodziwa

Do uzyskania wszelkich niezbędnych informacji wykorzystuje się czujniki jednostki sterującej silnika.



Regulacja temperatury chłodziwa w razie aktywacji ogrzewania

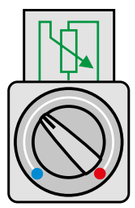
Temperatura chłodziwa może wahać się od 110–85°C podczas jazdy w zakresie od obciążenia częściowego do pełnego. Przy włączonym ogrzewaniu różnica temperatur wynosząca 25°C byłaby odczuwalna w kabinie pojazdu jako nieprzyjemna. Kierowca musiałby nieustannie korygować ustawienie. Za pomocą potencjometru moduł elektroniczny układu chłodzenia rozpoznaje polecenie kierowcy dotyczące aktywacji ogrzewania i odpowiednio reguluje temperaturę chłodziwa, np. od pozycji pokrętła 70% = 95°C temperatury chłodziwa. Mikroprzełącznik na pokrętle wyboru temperatury aktywuje się natychmiast po przełączeniu z pozycji „Ogrzewanie wyłączone". W ten sposób uruchamiany jest pneumatyczny zawór dwudrożny, który z kolei otwiera podciśnieniowo zawór odcinający chłodziwa do wymiennika ciepła.



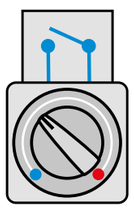
Obciążenie częściowe

Obciążenie częściowe

Obciążenie pełne



Potencjometr



Mikroprzełącznik

Wartości zadane na mapie fazowej

Wysterowanie termostatu do fazowego chłodzenia silnika (duży lub mały obieg chłodzenia) jest regulowane przez mapy fazowe (mapy charakterystyki). Są w nich zdefiniowane odpowiednie wartości zadane temperatury. Decydującym czynnikiem jest obciążenie silnika. Temperatura chłodziwa, która ma zostać ustawiona, zależy od obciążenia (masy powietrza) i prędkości obrotowej.

Na drugiej mapie fazowej zapisywane są wartości zadane temperatury w zależności od prędkości pojazdu i temperatury powietrza wlotowego. Na tej podstawie następuje ustawienie temperatury chłodziwa. W efekcie porównania mapy fazowej 1 i 2 jako wartość zadaną przyjmuje się wartość niższą i odpowiednio ustawia termostat. Termostat aktywuje się dopiero po przekroczeniu progu temperatury, kiedy temperatura chłodziwa jest tuż poniżej wartości zadanej.

Czujnik temperatury chłodziwa

Jako czujniki temperatury stosuje się czujniki NTC. Wartości zadane temperatury chłodziwa są zapisywane w sterowniku silnika jako mapy fazowe. Rzeczywiste wartości temperatury chłodziwa są pobierane w dwóch różnych punktach obwodu chłodzenia i przekazywane do jednostki sterującej jako sygnały napięciowe.

Wartość rzeczywista chłodziwa 1 – bezpośrednio na wylocie chłodziwa z silnika w rozdzielaczu chłodziwa.

Wartość rzeczywista chłodziwa 2 – na chłodnicy przed wylotem chłodziwa z chłodnicy.

Przetwarzanie sygnału: Porównanie temperatur zadanych zapisanych w mapach fazowych z temperaturą rzeczywistą 1 wyznacza parametry impulsu dla zasilania rezystora grzewczego w termostacie. Porównanie wartości rzeczywistych chłodziwa 1 i 2 stanowi podstawę do wysterowania wentylatorów elektrycznych chłodziwa.

Funkcja zastępcza: W razie awarii czujnika temperatury chłodziwa (wylot silnika) regulacja temperatury chłodziwa jest kontynuowana przy stałej wartości zastępczej 95°C, a stopień 1 wentylatora jest aktywowany na stałe.

W razie awarii czujnika (wyjście chłodnicy) temperatury chłodziwa regulacja pozostaje aktywna, a stopień 1 wentylatora jest aktywowany na stałe. W przypadku przekroczenia określonego progu temperatury aktywowany jest poziom 2 wentylatora. Jeżeli oba czujniki ulegną awarii, to do rezystora grzejnego zostanie przyłożone maksymalne napięcie, a stopień 2 wentylatora zostanie włączony na stałe.

Czujnik temperatury chłodziwa

Termostat fazowy

Element woskowy w termostacie rozprężnym ma wbudowany rezystor grzewczy. Podgrzewa on dodatkowo wosk, który rozszerza się i generuje skok „x” trzpienia przesuwnego zgodnie z mapą fazową. Mechaniczna regulacja termostatu wynika ze skoku trzpienia „x”. Grzałka jest wysterowywana przez jednostkę sterującą silnika zgodnie z mapą fazową za pomocą sygnału PWM (modulacja szerokości impulsu). W zależności od szerokości impulsu i czasu następuje różne ogrzewanie.

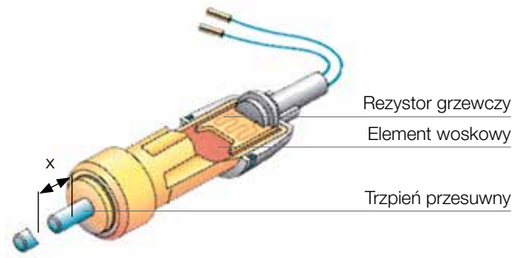
Zasada:

- PWM low (brak napięcia) = wysoka temperatura chłodziwa
- PWM high (występuje napięcie) = niska temperatura chłodziwa

Brak napięcia roboczego:

- Regulacja tylko za pomocą elementu rozszerzalnego
- Stopień 1 wentylatora jest aktywowany na stałe

Ogrzewanie termostatu nie służy do podgrzewania chłodziwa – proces ogrzewania jest celowy, tzn. steruje termostatem w celu otwarcia dużego obiegu chłodziwa. W razie zatrzymania lub rozruchu silnika występuje brak napięcia.



Rozszerzalny element woskowy

Podsumowanie

Nowoczesne systemy chłodzenia stały się znacznie bardziej zaawansowane technicznie – jak zresztą wszystkie inne systemy stosowane obecnie w pojazdach. Podstawowa wiedza nie wystarczy już, aby zrozumieć i zdiagnozować współczesne systemy zarządzania temperaturą. Potrzebna jest dokładna znajomość systemów, dokumentacja techniczna i zdolność logicznego myślenia.

Chłodzenie silnika to pojęcie z przeszłości – dziś mamy zarządzanie temperaturą

Komponenty zarządzania temperaturą

Informacje techniczne

Chłodnica chłodziwa

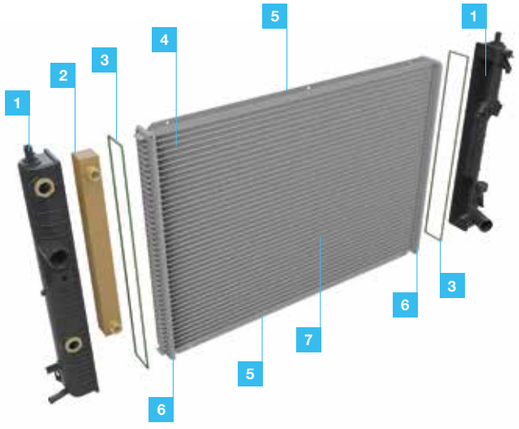
Informacje ogólne

Chłodnice chłodziwa mają różne konstrukcje i są montowane w strumieniu powietrza, który płynie od przodu pojazdu. Ich zadaniem jest odprowadzenie do powietrza zewnętrznego ciepła, które powstaje w wyniku spalania paliwa w silniku i jest pochłaniane przez chłodziwo. W lub na chłodnicy chłodziwa mogą być umieszczone dodatkowe chłodnice, np. do przekładni automatycznych.

Chłodnica chłodziwa

Budowa i zasada działania

Najważniejszym elementem modułu chłodniczego jest chłodnica chłodziwa (KMK, z niem. Kühlmittelkühler). Składa się ona z bloku chłodnicy i zbiornika na chłodziwo, ze wszystkimi niezbędnymi przyłączami i elementami mocującymi. Sam blok chłodnicy składa się z rdzenia – systemu rurkowo-żeberkowego – dna sitowego i paneli bocznych. Konwencjonalne chłodnice chłodziwa posiadają zbiornik na chłodziwo wykonany z poliamidu wzmocnionego włóknem szklanym, na który nakłada się uszczelnienie i kołnierz przed umieszczeniem na dnie sitowym. Aktualnie rośnie popularność chłodnic pełnoaluminiowych, które charakteryzują się niższą wagą i niewielką głębokością zabudowy. Można je również w 100% poddać recyklingowi. Chłodziwo jest schładzane za pomocą żeber chłodzących (rdzeń). Powietrze zewnętrzne przepływające przez rdzeń chłodnicy pobiera ciepło z chłodziwa. Pod względem konstrukcji można wyróżnić chłodnice z przepływem opadającym i z przepływem poprzecznym. W modelu z przepływem opadającym chłodziwo wpływa do chłodnicy w górnej części i wypływa na dole komponentu. W chłodnicy z przepływem krzyżowym ciecz chłodząca wpływa z jednej strony chłodnicy i wypływa z drugiej strony. Jeśli wlot i wylot chłodnicy z przepływem krzyżowym znajdują się po tej samej stronie, zbiornik na chłodziwo jest podzielony. Następnie chłodziwo przepływa przez chłodnicę przeciwbieżnie w części górnej i dolnej. Chłodnice z przepływem poprzecznym mają niższą wysokość konstrukcyjną i są stosowane przede wszystkim w samochodach osobowych.



1. Zbiornik na chłodziwo
2. Chłodnica oleju
3. Uszczelki
4. Żebra chłodzące (rdzeń)
5. Płyty boczne
6. Dno
7. Rurka chłodząca

Skutki awarii

Uszkodzenie chłodnicy można stwierdzić na podstawie następujących objawów:

- Niewystarczająca wydajność chłodzenia
- Zwiększona temperatura silnika
- Stała praca wentylatorów chłodnicy
- Niska wydajność układu klimatyzacji

Możliwe przyczyny usterki:

- Utrata chłodziwa wskutek uszkodzenia chłodnicy (uderzenie kamieniem, wypadek)
- Utrata chłodziwa wskutek korozji lub nieszczelnych przyłączy
- Niewystarczająca wymiana ciepła z powodu zanieczyszczeń zewnętrznych lub wewnętrznych (brud, owady, osady kamienia)
- Zanieczyszczona lub stara ciecz chłodząca

Osady kamienia w chłodnicy

Wyszukiwanie usterki

Czynności kontrolne, które pomogą wykryć usterkę:

- Sprawdzić chłodnicę chłodziwa pod kątem zewnętrznych zanieczyszczeń, w razie potrzeby oczyścić ją sprężonym powietrzem o obniżonym ciśnieniu lub strumieniem wody, nie zbliżając się zbytnio do lameli chłodnicy
- Sprawdzić chłodnicę pod kątem uszkodzeń zewnętrznych i nieszczelności (złącza węży, kołnierze, żebra, obudowa z tworzywa sztucznego)
- Sprawdzić chłodziwo pod kątem przebarwień/zanieczyszczeń (np. olejem z powodu wadliwej uszczelki głowicy) i zawartości środka przeciw zamarzaniu
- Sprawdzić przepływ chłodziwa (zator spowodowany przez ciała obce, uszczelniacz, osady kamienia)
- Zmierzyć temperaturę wlotową i wylotową chłodziwa za pomocą termometru na podczerwień

Osady korozyjne w chłodnicy

Korek chłodnicy

Informacje ogólne

Często lekceważony, ale ważny: korek zamykający chłodnicy. Korek chłodnicy szczelnie zamyka otwór wlewowy chłodnicy lub zbiornika wyrównawczego, dba również o to, aby w układzie chłodzenia nie powstawało nadmierne nadciśnienie lub podciśnienie. W tym celu korek wlewu jest wyposażony w zawór nadciśnieniowy i podciśnieniowy. Zawór nadciśnieniowy służy do zwiększania ciśnienia o ok. 0,3–1,4 bara. W takich warunkach temperatura wrzenia płynu chłodzącego wzrasta do 104–110°C i poprawia się wydajność układu chłodzenia. Podczas schładzania w hermetycznie zamkniętym układzie powstałoby podciśnienie. Ma temu zapobiegać zawór podciśnieniowy.

Korek metalowy

Korek z tworzywa sztucznego

Budowa i zasada działania

Wzrost temperatury chłodziwa powoduje rozszerzanie medium, co prowadzi do wzrostu ciśnienia w układzie chłodzenia. Chłodziwo jest wtłaczane do zbiornika. W zbiorniku wzrasta ciśnienie. Zawór nadciśnieniowy w korku otwiera się, umożliwiając wydostawanie się powietrza. Podczas normalizowania temperatury chłodziwa w układzie chłodzenia powstaje podciśnienie. Chłodziwo zostaje wyssane ze zbiornika. W zbiorniku powstaje podciśnienie. W rezultacie otwiera się zawór podciśnieniowy w korku zbiornika. Powietrze wpływa do zbiornika aż do momentu wyrównania ciśnienia.

Zbiornik wyrównawczy

Zasady postępowania podczas otwierania korka chłodnicy:

- Odczekać, aż układ chłodzenia ostygnie do temperatury chłodziwa poniżej 90°C
- Gdy silnik jest ciepły, układ chłodzenia znajduje się pod ciśnieniem
- W przypadku nagłego otwarcia układu chłodzenia istnieje ryzyko poparzenia!
- Korek wlewu chłodziwa przekręcić do pozycji zagłębienia (w przypadku wersji gwintowanej o ½ obrotu) i zwolnić nadciśnienie
- Nosić rękawice, okulary i odzież ochronną!

Korek z przyłączem kontrolnym

Kontrola działania:

- Prawidłowość działania zaworu w korku można sprawdzić za pomocą odpowiedniego urządzenia testowego (zgodnie ze specyfikacją producenta pojazdu)

  1. Sprawdzić ciśnienie otwarcia poprzez zwiększenie ciśnienia

  2. Zawór podciśnieniowy musi przylegać do uszczelki gumowej, łatwo się podnosić i powracać do pozycji wyjściowej po zwolnieniu

- MAHLE zaleca, aby przy każdej wymianie chłodnicy wymieniać również korek zamykający

Manometr do prób ciśnieniowych

Metalowy korek z zaworem podciśnieniowym

Płukanie układu chłodzenia

Jeśli układ chłodzenia jest zanieczyszczony, należy spuścić chłodziwo i przepłukać układ chłodzenia.

Możliwe zanieczyszczenia:

- Olej (uszkodzona uszczelka pod głowicą cylindrów)
- Rdza (wewnętrzna korozja silnika)
- Aluminium (wewnętrzna korozja chłodnicy)
- Substancje obce (dodatki/środki uszczelniające)
- Cząsteczki obce (uszkodzona pompa chłodziwa)

Badania uszkodzonych chłodnic wykazały, że najczęstszym zanieczyszczeniem jest szlam korozyjny. Przyczyną jego powstawania jest brak lub niedostateczne oczyszczenie podczas naprawy układu chłodzenia lub napełnienie układu niewłaściwym środkiem zapobiegającym zamarzaniu, a także ponowne użycie spuszczonego chłodziwa. Szlam korozyjny może osiadać i zatykać wąskie kanały. Ponadto przyspiesza rozwój korozji, gdy pokrywa niezabezpieczone powierzchnie metalowe (efekt anodowania z korozją wżerową) i działa jak ścierniwo w obiegu chłodziwa – szczególnie w miejscach, gdzie następuje zmiana kierunku przepływu.

Czyszczenie

W zależności od stopnia zabrudzenia układ chłodzenia należy czyścić ciepłą wodą lub specjalnym płynem do płukania. Istnieją różne procedury płukania zalecane przez określonych producentów pojazdów i przypisane do wskazanych objawów. Na przykład w przypadku rdzawo-brązowego przebarwienia chłodziwa i spadku mocy grzewczej w modelu A6 firma Audi zaleca płukanie specjalnym płynem do płukania. W razie konieczności wielokrotnego płukania należy zdemontować termostat i dokonać pomiaru mocy grzewczej przed i po płukaniu.

Volkswagen zaleca środek czyszczący o działaniu odtłuszczającym i następującą procedurę:

- Doprowadzić silnik do temperatury roboczej
- Spuścić chłodziwo
- W przypadku silników 4-cylindrowych: wlać do układu 3 litry środka czyszczącego i uzupełnić wodą
- W przypadku silników 8-cylindrowych: wlać do układu 4 litry środka czyszczącego i uzupełnić wodą
- Uruchomić silnik na 20 minut przy otwartym termostacie
- Spuścić środek czyszczący
- Powtarzać procedurę do momentu, gdy będzie wypływać czysty środek czyszczący
- Powtórzyć procedurę 2 razy przy użyciu czystej wody
- Napełnić środkiem przeciw zamarzaniu

Opel informuje, że w niektórych modelach zatkana chłodnica może być przyczyną zbyt wysokiej temperatury silnika. W takiej sytuacji należy przeprowadzić płukanie ciepłą wodą (>50°C) i wraz z chłodnicą zregenerować wszystkie części przewodzące chłodziwo (wymiennik ciepła, głowica cylindra itp.). Skład większości środków czyszczących bazuje na kwasie mrówkowym, szczawiowym lub solnym, które nie mogą pozostać w układzie chłodzenia. Należy je dokładnie wypłukać!

Niekiedy po czyszczeniu występują wycieki, które nie były wcześniej widoczne. Wynika to często z agresywnego działania środka czyszczącego. Rzeczywista przyczyna nieszczelności jest jednak związana z istniejącą już od pewnego czasu usterką, a szczelność zapewniały jedynie osady zanieczyszczeń. Firma MAHLE zaleca czyszczenie przed każdą instalacją nowego elementu w obiegu chłodzenia.

Stopień zanieczyszczenia i specyfikacje producenta pojazdu określają procedurę i środek płuczący, który należy zastosować.

Należy pamiętać, że ze względu na typ konstrukcji (np. rurki płaskie) nie wszystkie elementy współczesnych systemów chłodzenia można przepłukać i dlatego trzeba je wymienić.

Dotyczy to w szczególności następujących elementów:

- Termostat
- Chłodnica chłodziwa
- Zawory elektryczne
- Korek układu chłodzenia
- Kabinowy wymiennik ciepła

Jeśli z powodu zanieczyszczeń (olej, rdza) nie można odczytać poziomu chłodziwa w zbiorniku wyrównawczym, zbiornik należy również wymienić.

Zasadniczo należy zawsze wymieniać termostat i korek układu chłodzenia.

Przed zastosowaniem środków czyszczących w układzie chłodzenia należy upewnić się, że nie wykazują one agresywnego działania wobec materiałów uszczelniających i nie przedostaną się do wód gruntowych ani nie zostaną odprowadzane przez separator oleju. Środki czyszczące należy wychwycić razem z chłodziwem i zutylizować osobno. Po płukaniu układ należy ponownie napełnić chłodziwem zgodnie z zaleceniami producenta pojazdu (przestrzegać specyfikacji i proporcji mieszania), a następnie odpowietrzyć i sprawdzić jego działanie i szczelność.

Środek przeciw zamarzaniu = środek antykorozyjny!

Osady emulsyjne w wymienniku ciepła z wkładkami regulacji zawirowań

Zanieczyszczone elementy układu chłodzenia

Pompy chłodziwa

Informacje ogólne

Pompy chłodziwa są zazwyczaj napędzane mechanicznie (za pomocą paska zębatego lub żebrowanego) i transportują płyn chłodniczy przez obieg chłodziwa silnika. Pompy mogą znajdować się bezpośrednio przy silniku (połączone kołnierzowo) lub być montowane osobno. Dostępne są bardzo różne konstrukcje. Pompy chłodziwa muszą sprostać ogromnym wahaniom temperatury (od -40°C do ok. +120°C). Zmienne prędkości obrotowe (500–8000 obr./min) i ciśnienia do 3 barów wymagają wysokiej stabilności łożysk i uszczelnień.

Dla uzyskania oszczędności paliwa w przyszłości coraz częściej stosowane będą pompy chłodziwa napędzane elektrycznie i sterowane elektronicznie.

Pompa chłodziwa

Budowa i zasada działania

Mechaniczna pompa chłodziwa składa się z 5 podzespołów:

1. Obudowa
2. Koło napędowe
3. Łożysko toczne
4. Uszczelnienie ślizgowe
5. Wirnik

Koło napędowe i wirnik są zamontowane na wale ze wspólnym łożyskowaniem. Uszczelnienie ślizgowe uszczelnia wał pompy od wewnątrz. Obroty wirnika powodują przemieszczanie się chłodziwa przez układ chłodzenia. Wirniki są zazwyczaj wykonane z tworzywa sztucznego lub metalu. Obciążenie łożyska jest mniejsze w przypadku wirnika z tworzywa sztucznego. Plastikowy wirnik jest mniej podatny na kawitację.

Jednak z czasem materiał, z którego wirnik został wykonany, staje się kruchy. Ślizgowy pierścień uszczelniający jest stale smarowany i chłodzony przez chłodziwo. Ze względu na konstrukcję niewielkie ilości chłodziwa mogą przedostać się do wolnej przestrzeni za pierścieniem uszczelniającym i wypływać z otworu nadmiarowego pompy. Ewentualnie widoczne ślady chłodziwa nie wskazują jednoznacznie na uszkodzenie pompy.

Skutki awarii

Awarię pompy chłodziwa można stwierdzić na podstawie następujących objawów:

- Odgłosy
- Utrata chłodziwa
- Niewystarczające chłodzenie/przegrzany silnik

Możliwe przyczyny usterki:

- Uszkodzenia mechaniczne:
  Poluzowany/pęknięty wirnik
  Uszkodzone łożysko lub uszczelnienie
  Uszkodzone koło napędowe
- Zwężenia w przekroju poprzecznym spowodowane korozją lub uszczelniaczem
- Kawitacja:
  Uszkodzenie wirnika wskutek powstawania i rozpadu pęcherzyków pary w chłodziwie
  Usterka elektryczna (zwarcie/przerwanie)

Wyszukiwanie usterki

Wyciek chłodziwa z pompy spowodowany m.in. przez:

- Nadmierne użycie uszczelniacza – pozostałości środka uszczelniającego mogą dostać się do obiegu chłodzącego i uszkodzić np. uszczelnienie ślizgowe

Korozja w całym układzie chłodzenia:

- Uszkodzona uszczelka pod głowicą cylindrów – gazy spalinowe silnika dostają się do układu chłodzenia; negatywna zmiana wartości pH

Części pompy, takie jak wirnik, obudowa, uszczelnienie ślizgowe i wał, zostały poważnie uszkodzone przez korozję wżerową:

- Przestarzałe/zużyte chłodziwo z dużą zawartością chlorków (związków soli) w połączeniu z podwyższoną temperaturą

Nadmierny wyciek chłodziwa przy otworze nadmiarowym:

- Spowodowane przez korozję w układzie chłodzenia

Wskazówki dotyczące montażu i demontażu

Podczas wymiany pompy chłodziwa należy zawsze postępować zgodnie z instrukcjami zawartymi w ulotce dołączonej do opakowania produktu oraz specjalnymi instrukcjami montażowymi producenta pojazdu. Jeśli układ chłodzenia jest zanieczyszczony, należy go przepłukać. Układ chłodzenia należy napełniać wyłącznie chłodziwem zgodnym ze specyfikacjami producenta pojazdu, a ponadto należy go napełnić i odpowietrzyć zgodnie z wytycznymi producenta pojazdu. Nieprawidłowy montaż może prowadzić do przegrzania silnika, uszkodzenia napędu pasowego i/lub uszkodzenia silnika.

Informacje na temat zastosowania, specyfikacji i częstotliwości wymiany chłodziwa znajdują się w odpowiednich informacjach technicznych dotyczących chłodziwa.

Zbiornik wyrównawczy

Informacje ogólne

Zbiornik wyrównawczy w układzie chłodzenia jest zazwyczaj wykonany z tworzywa sztucznego i służy do pochłaniania rozprężającego się chłodziwa. Zwykle jest montowany tak, aby stanowił najwyższy punkt w układzie chłodzenia. Na potrzeby kontroli poziomu chłodziwa zbiornik jest przezroczysty i posiada oznaczenia „Min" i „Max". Dodatkowo instalacja może obejmować również elektroniczny czujnik poziomu napełnienia. Kompensacja ciśnienia w układzie chłodzenia odbywa się za pomocą zaworu ciśnieniowego w korku zbiornika wyrównawczego.

Zbiornik wyrównawczy

Budowa i zasada działania

Wzrost temperatury chłodziwa powoduje rozszerzanie tego medium, co prowadzi do wzrostu ciśnienia w układzie chłodzenia. W rezultacie wzrasta ciśnienie w zbiorniku wyrównawczym i otwiera się zawór nadmiarowy w korku, aby umożliwić wylot powietrza.

Podczas normalizowania temperatury chłodziwa w układzie chłodzenia powstaje podciśnienie. Chłodziwo zostaje wyssane ze zbiornika. W zbiorniku powstaje podciśnienie. Wówczas otwiera się kompensacyjny zawór podciśnienia w korku zbiornika. Powietrze wpływa do zbiornika aż do momentu wyrównania ciśnienia.

Działanie zbiornika wyrównawczego

Skutki awarii

Uszkodzenie zbiornika wyrównawczego lub korka można stwierdzić na podstawie następujących objawów:

- Utrata chłodziwa (nieszczelność) w obrębie różnych elementów układu lub samego zbiornika wyrównawczego
- Nadmierna temperatura chłodziwa lub silnika
- Pęknięcie/rozerwanie zbiornika wyrównawczego lub innych elementów układu

Możliwe przyczyny usterki:

- Nadciśnienie w układzie chłodzenia z powodu wadliwego zaworu w korku
- Zmęczenie materiału

Wyszukiwanie usterki

Czynności kontrolne, które pomogą wykryć usterkę:

- Sprawdzić poziom chłodziwa i zawartość środka przeciw zamarzaniu
- Sprawdzić przebarwienia/zanieczyszczenia chłodziwa (spowodowane olejem, uszczelniaczem, osadami kamienia)
- Sprawdzić termostat, chłodnicę, wymiennik ciepła, przewody wężowe i przyłącza węży pod kątem szczelności i działania
- W razie potrzeby zwiększyć ciśnienie w układzie chłodzenia (próba ciśnieniowa)
- Należy zwrócić uwagę na kieszenie powietrzne w układzie chłodzenia – w razie potrzeby odpowietrzyć układ zgodnie z instrukcjami producenta pojazdu

Jeżeli po wykonaniu wszystkich powyższych punktów źródło usterki nie zostało wykryte, należy wymienić korek zbiornika wyrównawczego. Sprawdzenie stanu zaworu w korku jest bardzo trudne.

Kabinowy wymiennik ciepła

Informacje ogólne

Wymiennik ciepła, przez który przepływa chłodziwo, jest montowany w jednostce grzewczej wnętrza pojazdu. Powietrze nawiewane do wnętrza kabiny przepływa przez wymiennik ciepła i ulega ogrzaniu.

Wymiennik ciepła

Budowa i zasada działania

Podobnie jak chłodnica chłodziwa, również kabinowy wymiennik ciepła stanowi mechanicznie zespolony układ rurkowo-żebrowy. Również w tym przypadku coraz popularniejsze są wersje pełnoaluminiowe. Chłodziwo przepływa przez kabinowy wymiennik ciepła. Przepływ jest zazwyczaj regulowany przez zawory uruchamiane mechanicznie lub elektrycznie. Powietrze w kabinie pojazdu jest podgrzewane przez żebra chłodzące (rdzeń) wymiennika ciepła. Strumień powietrza generowany przez wentylator wewnętrzny lub pęd powietrza podczas jazdy jest kierowany przez kabinowy wymiennik ciepła, przez który przepływa gorąca ciecz chłodząca. Powietrze zostaje podgrzane, a następnie jest nawiewane do kabiny pojazdu.

Skutki awarii

Uszkodzenie lub nieprawidłowe działanie kabinowego wymiennika ciepła można stwierdzić na podstawie następujących objawów:

- Niewystarczająca moc grzewcza
- Utrata chłodziwa
- Wyczuwalny zapach (słodkawy)
- Zaparowane szyby
- Niewystarczający nawiew powietrza

Możliwe przyczyny usterki:

- Niewystarczająca wymiana ciepła z powodu zanieczyszczeń zewnętrznych lub wewnętrznych (korozja, dodatki do chłodziwa, zabrudzenia, osady kamienia)
- Utrata chłodziwa wskutek korozji
- Utrata chłodziwa z powodu nieszczelnych złączy
- Zabrudzony filtr kabinowy
- Zanieczyszczenie/zator w układzie wentylacyjnym (liście)
- Wadliwe sterowanie klapy

Wyszukiwanie usterki

Czynności kontrolne, które pomogą wykryć usterkę:

- Zwrócić uwagę na zapachy i zaparowane szyby
- Sprawdzić filtr kabinowy
- Sprawdzić kabinowy wymiennik ciepła pod kątem nieszczelności (przyłącza węży, kołnierze, rdzeń)
- Zwrócić uwagę na zanieczyszczenie/przebarwienie chłodziwa
- Sprawdzić przepływ chłodziwa (zator spowodowany przez ciała obce, osady kamienia, korozja)
- Zmierzyć temperaturę wlotową i wylotową chłodziwa
- Zwrócić uwagę na zatory/substancje obce w układzie wentylacji
- Sprawdzić sterowanie klapą (powietrze cyrkulacyjne/świeże powietrze)

Pełnoaluminiowy wymiennik ciepła

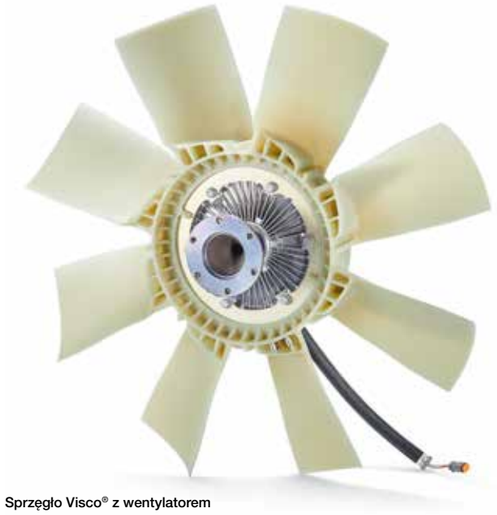
Wentylator Visco®

Informacje ogólne

Oprócz wydajnych chłodnic do odprowadzania ciepła w pojazdach użytkowych i mocnych silnikach samochodów osobowych niezbędne są również wentylatory i napędy wentylatorów, które mają bardzo wydajnie generować powietrze chłodzące. Wentylatory Visco® składają się z wirnika wentylatora i sprzęgła Visco®. Są stosowane w silnikach montowanych wzdłużnie i instalowane przed chłodnicą (patrząc w kierunku jazdy). Źródłem napędu jest pasek klinowy lub bezpośrednio silnik.

Budowa i zasada działania

Wirnik wentylatora jest zazwyczaj wykonany z tworzywa sztucznego i przykręcony do sprzęgła Visco®. Liczba i położenie łopatek wentylatora różni się w zależności od konstrukcji. Obudowa sprzęgła Visco® jest wykonana z aluminium i posiada wiele żeber chłodzących. Do sterowania wentylatorem Visco® może służyć samoregulujące się połączenie bimetaliczne zależne od temperatury. Parametrem sterującym jest tutaj temperatura otoczenia chłodnicy chłodziwa. Innym wariantem jest sprzęgło Visco® wysterowywane elektrycznie. Jest ono sterowane elektronicznie i uruchamiane elektromagnetycznie. Do sterowania służą zmienne wejściowe różnych czujników. Więcej informacji można znaleźć w informacjach technicznych dotyczących sprzęgła Visco®.



Sprzęgło Visco® z wentylatorem

Skutki awarii

Uszkodzenie wentylatora Visco® można stwierdzić na podstawie następujących objawów:

- Silna emisja hałasu
- Podwyższona temperatura silnika lub chłodziwa

Wyszukiwanie usterki

Czynności kontrolne, które pomogą wykryć usterkę:

- Sprawdzić poziom chłodziwa
- Sprawdzić wirnik wentylatora pod kątem uszkodzeń
- Skontrolować pod kątem wycieków oleju
- Skontrolować łożysko pod kątem luzu i głośnej pracy
- Sprawdzić zamocowanie wirnika wentylatora oraz sprzęgła Visco®
- Sprawdzić, czy kierownice powietrza/kołpak kierunkowy są szczelnie dopasowane i czy są na swoim miejscu

Możliwe przyczyny usterki:

- Uszkodzony wirnik wentylatora
- Utrata oleju/nieszczelność
- Zanieczyszczenie powierzchni chłodzącej lub bimetalu
- Uszkodzenie łożyska

Sprzęgło Visco®

Sprzęgło Visco®

Informacje ogólne

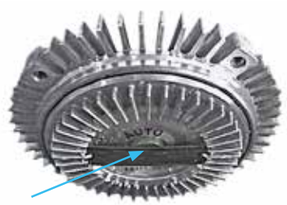
Sprzęgło Visco® jest elementem wentylatora Visco®. Jego zadaniem jest ustanowienie zależnego od temperatury połączenia siłowego pomiędzy napędem a wirnikiem wentylatora oraz regulacja prędkości obrotowej wentylatora. Do sprzęgła przymocowany jest wentylator z tworzywa sztucznego, który generuje dostosowany do potrzeb przepływ powietrza. Wentylatory Visco® są stosowane głównie w mocnych silnikach montowanych wzdłużnie w pojazdach osobowych i użytkowych.

Budowa i zasada działania

Sprzęgło Visco® jest z reguły napędzane bezpośrednio przez silnik za pomocą wału (zdj. 1). Jeśli powietrze chłodzące nie jest potrzebne, sprzęgło Visco® wyłącza się i pracuje na niskich obrotach. Gdy zapotrzebowanie wzrasta, olej silikonowy przepływa ze zbiornika zasilającego do komory roboczej. Tam moment napędowy przekazywany jest na wentylator bezzużyciowo przez ciecz o dużej lepkości. Prędkość obrotowa wentylatora jest płynnie regulowana w oparciu o warunki robocze.

Zdj. 1

Temperatura załączania wynosi ok. 80°C. W konwencjonalnym sprzęgle Visco® powietrze wylotowe z chłodnicy styka się z bimetalem (zdj. 2), którego odkształcenie termiczne powoduje otwarcie lub zamknięcie zaworu za pomocą trzpienia i dźwigni zaworu. Przekazywane momenty obrotowe i prędkości obrotowe wentylatora zależą od pozycji zaworu, a tym samym od ilości oleju w komorze roboczej. Ilość oleju wynosi 30–50 ml (samochód osobowy).



Zdj. 2

Nawet przy całkowitym napełnieniu komory roboczej istnieje różnica między prędkością obrotową napędu a prędkością obrotową wentylatora (poślizg). Uzyskane w ten sposób ciepło jest odprowadzane do otoczenia przez żebra chłodzące. W sterowanym elektronicznie sprzęgle Visco® sterowanie odbywa się bezpośrednio za pomocą czujników. Sterownik przetwarza wartości, a impulsowy prąd sterujący przesyła je do zintegrowanego elektromagnesu. Zdefiniowane pole magnetyczne steruje zaworem za pomocą płyty dociskowej regulującej wewnętrzny przepływ oleju. Dodatkowy czujnik prędkości obrotowej wentylatora domyka pętlę sterowania.

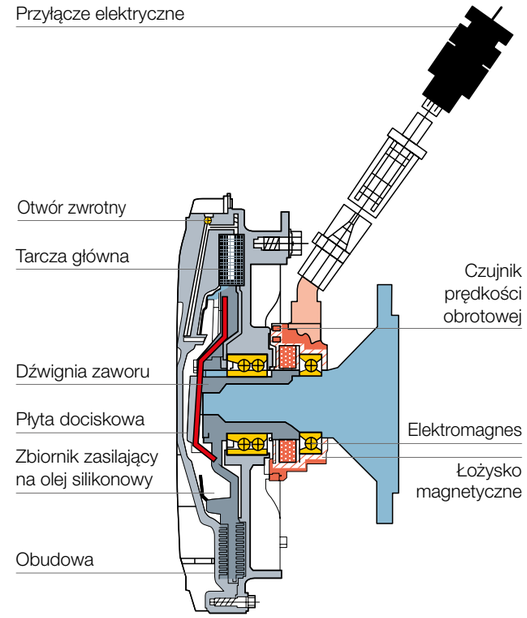
Skutki awarii

Uszkodzenie sprzęgła Visco® można stwierdzić na podstawie następujących objawów:

- Podwyższona temperatura silnika lub chłodziwa
- Silna emisja hałasu
- Wirnik wentylatora pracuje z pełną prędkością we wszystkich warunkach roboczych

Możliwe przyczyny usterki:

- Słabe połączenie siłowe z powodu wycieku oleju
- Utrata oleju wskutek wycieku
- Zanieczyszczenie powierzchni chłodzącej lub bimetalu
- Uszkodzenia wewnętrzne (np. zawór sterujący)
- Uszkodzenie łożyska
- Uszkodzony wirnik wentylatora
- Trwałe sztywne połączenie z powodu uszkodzonego sprzęgła



Sterowane elektronicznie sprzęgło Visco®

Wyszukiwanie usterki

Czynności kontrolne, które pomogą wykryć usterkę:

- Sprawdzić poziom chłodziwa i zawartość środka przeciw zamarzaniu
- Sprawdzić wentylator Visco® pod kątem zewnętrznych zanieczyszczeń i uszkodzeń
- Skontrolować łożysko pod kątem luzu i głośnej pracy
- Skontrolować pod kątem wycieków oleju
- Sprawdzić sprzęgło Visco®, przekręcając je ręcznie przy wyłączonym silniku – gdy silnik jest zimny, koło wentylatora powinno się łatwo obracać, a gdy silnik jest ciepły, obracanie będzie utrudnione
- Jeśli to możliwe, sprawdzić poślizg sprzęgła poprzez porównanie prędkości obrotowej wentylatora z prędkością obrotową wału napędowego. Przy pełnym połączeniu siłowym różnica (w przypadku wentylatorów z napędem bezpośrednim) nie może przekraczać 5% (odpowiedni do tego celu jest tachometr optyczny z paskami odblaskowymi)
- Sprawdzić podłączenie elektryczne (sterowane elektronicznie sprzęgło Visco®)
- Sprawdzić kołpak kierunkowy/kierownice powietrza
- Zapewnić wystarczający przepływ powietrza przez chłodnicę

Tachometr optyczny

Chłodnica oleju

Informacje ogólne

Chłodzenie olejów mocno obciążonych termicznie (silnik, skrzynia biegów, wspomaganie układu kierowniczego) przez chłodnice oleju lub utrzymywanie niemal stałej temperatury przynosi znaczące korzyści. Okresy pomiędzy terminami wymiany oleju ulegają wydłużeniu, zwiększa się również żywotność różnych podzespołów. W zależności od wymagań chłodnice oleju są montowane w/na chłodnicy silnika lub bezpośrednio na bloku silnika. Zasadniczo rozróżnia się chłodnice olejowe chłodzone powietrzem i chłodzone chłodziwem.

Budowa i zasada działania

Konwencjonalne chłodzenie nie jest już wystarczające w przypadku silnie obciążanych agregatów samochodowych. Na przykład chłodzenie oleju silnikowego jest bardzo nierównomierne, ponieważ zależy od temperatury zewnętrznej i pędu powietrza podczas jazdy. Chłodnice oleju chłodzone powietrzem, które znajdują się w strumieniu powietrza z przodu pojazdu, zapewniają wystarczające obniżenie temperatury oleju. Chłodnice oleju chłodzone cieczą są podłączone do obiegu chłodziwa silnika i zapewniają optymalną kontrolę temperatury. Chłodziwo przepływa przez chłodnicę oleju. Gdy silnik jest ciepły, chłodziwo odbiera ciepło z oleju i chłodzi go. Gdy silnik jest zimny, chłodziwo nagrzewa się szybciej niż olej i w ten sposób dostarcza ciepło do oleju.

Dzięki temu olej szybciej osiąga swoją temperaturę roboczą. Szybkie osiąganie temperatury roboczej lub niezmienna temperatura robocza ma szczególnie duże znaczenie w przypadku automatycznych skrzyń biegów i wspomagania układu kierowniczego. W przeciwnym razie istnieje ryzyko, że na przykład układ kierowniczy zacznie działać zbyt ciężko lub zbyt lekko. Chłodnice rurkowe są dziś coraz częściej wypierane przez kompaktowe, pełnoaluminiowe chłodnice płytowe. Zapewniają one większą powierzchnię chłodzenia przy mniejszej przestrzeni montażowej i mogą być instalowane w różnych miejscach w komorze silnika.

Chłodnica oleju do wspomagania układu kierowniczego

Chłodnica oleju do zwalniacza

Chłodnica oleju silnikowego

Skutki awarii

Uszkodzenie chłodnicy oleju chłodzonej strumieniem powietrza można stwierdzić na podstawie następujących objawów:

- Niewystarczająca wydajność chłodzenia
- Utrata oleju
- Podwyższona temperatura oleju
- Zanieczyszczone chłodziwo

Możliwe przyczyny usterki:

- Utrata oleju w wyniku uszkodzenia (wypadek)
- Olej dostający się do układu chłodzenia (nieszczelność wewnętrzna)
- Niewystarczająca wymiana ciepła z powodu zanieczyszczeń zewnętrznych lub wewnętrznych (owady, brud, szlam olejowy, korozja)
- Utrata oleju z powodu nieszczelnych złączy

Wyszukiwanie usterki

Czynności kontrolne, które pomogą wykryć usterkę:

- Sprawdzić poziom oleju i chłodziwa
- Sprawdzić chłodnicę oleju pod kątem zewnętrznych zanieczyszczeń, uszkodzeń (mikropęknięcia)
- Sprawdzić chłodziwo pod kątem zanieczyszczenia/przebarwienia oraz zawartość środka przeciw zamarzaniu
- Skontrolować wycieki zewnętrzne (przyłącza)
- Sprawdzić natężenie przepływu (zatory spowodowane przez ciała obce, korozję, szlam olejowy itp.)

Chłodnica oleju do zwalniacza hydrokinetycznego

Informacje ogólne

Zwalniacze (retardery) hydrokinetyczne (czyli pracujące przy użyciu oleju) są stosowane w pojazdach użytkowych do wspomagania właściwego układu hamulcowego jako prawie nie ulegający zużyciu hamulec przepływowy. Energia kinetyczna zamieniona na ciepło, które powstaje w wyniku hamowania prędkości przepływu oleju, musi być przekazana z powrotem do układu chłodzenia poprzez wymiennik ciepła. Użycie zwalniacza jest aktywowane przez kierowcę lub odbywa się automatycznie. Moc hamowania wynosi kilkaset kilowatów.

Budowa i zasada działania

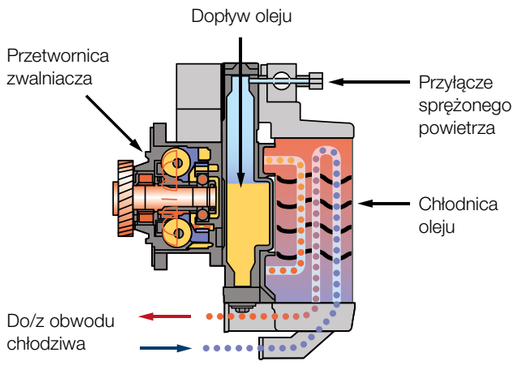
Oprócz hamulca zasadniczego w pojeździe użytkowym (który zazwyczaj jest hamulcem cierno-zużyciowym) producenci pojazdów coraz częściej stosują dodatkowe, niezużywające się urządzenia zwalniające. Jednym z typów jest montowany na różne sposoby zwalniacz hydrokinetyczny. Rozróżnia się zwalniacze zewnętrzne i wewnętrzne. Zwalniacze zewnętrzne mogą być dowolnie rozmieszczone w obszarze układu przeniesienia napędu, natomiast zwalniacze wewnętrzne są częściowo lub całkowicie zintegrowane z przekładnią. Zwalniacze są dostępne w wariantach „inline” (zintegrowane z układem przeniesienia napędu) i „offline” (połączone kołnierzowo z boku przekładni).

Wszystkie warianty mają pełnić kilka wspólnych funkcji:

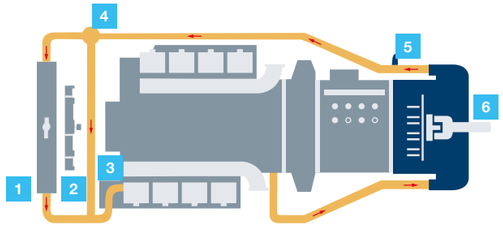
- Zmniejszenie prędkości pojazdu
- Utrzymywanie stałej prędkości na pochyłościach
- Minimalizacja zużycia hamulca zasadniczego
- Ochrona hamulca zasadniczego przed przeciążeniem

Zwalniacze hydrokinetyczne (patrz rys. 2 na następnej stronie) działają zazwyczaj z wykorzystaniem oleju (czasami również wody) i posiadają wewnętrzny lub zewnętrzny zbiornik oleju, z którego olej podawany jest podczas hamowania do obudowy przetwornicy za pomocą sprężonego powietrza. Obudowa składa się z dwóch przeciwstawnych kół łopatkowych, wirnika połączonego z układem przeniesienia napędu pojazdu oraz nieruchomego stojana. Wirnik przyspiesza doprowadzany olej. Ze względu na kształt łopatek wirnika i siłę odśrodkową olej jest przekazywany do stojana, co powoduje wyhamowanie wirnika, a w konsekwencji również wału napędowego. Energia cieplna wytworzona w zwalniaczu podgrzewa olej, który jest ponownie chłodzony przez chłodnicę oleju (patrz zdj. 4 na następnej stronie).

Chłodnica oleju pełnoaluminiowa lub ze stali jest połączona kołnierzowo ze zwalniaczem i oddaje pochłonięte ciepło do obiegu chłodziwa pojazdu. Aby wymagana temperatura graniczna nie była przekraczana, w pobliżu chłodnicy oleju zainstalowany jest czujnik temperatury do monitorowania temperatury chłodziwa. Czujnik stanowi gwarancję, że w razie przekroczenia temperatury granicznej użycie zwalniacza zostanie zredukowane lub całkowicie wyłączone.



Zwalniacz z domontowaną chłodnicą oleju



1 Chłodnica pojazdu
2 Wentylator chłodnicy
3 Pompa chłodziwa
4 Termostat chłodziwa
5 Czujnik temperatury chłodziwa
6 Zwalniacz z chłodnicą oleju

Obieg chłodziwa ze zwalniaczem

Skutki awarii

Uszkodzenie/awarię zwalniacza można stwierdzić na podstawie następujących objawów:

- Utrata chłodziwa
- Utrata oleju
- Zmieszanie oleju i wody
- Całkowita awaria funkcji hamowania

Możliwe są następujące przyczyny:

- Przegrzanie układu chłodzenia z powodu braku chłodziwa, niewłaściwego chłodziwa lub niewłaściwej mieszanki chłodziwa
- Przegrzanie chłodziwa z powodu niewłaściwej obsługi (pełne hamowanie przy niskiej prędkości obrotowej silnika, niewłaściwy wybór biegu) i wynikająca z tego kawitacja (tworzenie się pęcherzyków w chłodziwie na skutek dużych obciążeń termicznych); patrz zdj. 3
- Uszkodzenia uszczelek/złączy węży
- Zwężenia przekroju poprzecznego spowodowane zanieczyszczeniami wewnątrz wymiennika ciepła lub układu chłodzenia
- Wysokie lub nagłe obciążenia termiczne (temperatura/ciśnienie)
- Nieszczelności wewnętrzne w wymienniku ciepła
- Awaria czujnika temperatury (zdj. 1)

Wyszukiwanie usterki

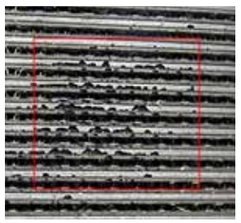
W celu zidentyfikowania problemu należy wykonać następujące kroki:

- Sprawdzić, czy chłodziwo spełnia wymagania określone w specyfikacji producenta pojazdu (rodzaj chłodziwa, proporcje mieszania)
- Sprawdzić poziom chłodziwa
- Sprawdzić układ chłodzenia pod kątem nieszczelności i zanieczyszczeń (olej, kamień, rdza, środek uszczelniający)
- Sprawdzić wlot/wylot chłodziwa pod kątem zwężenia przekroju poprzecznego
- Sprawdzić wymiennik ciepła pod kątem stabilnego zamocowania oraz pęknięć
- Sprawdzić elementy elektryczne (czujnik)
- Sprawdzić układ chłodzenia pod kątem działania innych komponentów (wentylator, termostat, pompa wodna, korek)

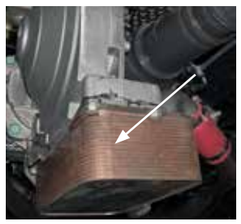
Podczas wymiany chłodnicy oleju należy przepłukać układ chłodzenia oraz wymienić olej w zwalniaczu i chłodziwo. Do płukania nadaje się np. środek do czyszczenia układu chłodzenia. Zawsze należy przestrzegać osobnych, specyficznych instrukcji producenta danego pojazdu.

Zdj. 1

Zdj. 2



Zdj. 3



Zdj. 4

Chłodnica powietrza doładowującego

Informacje ogólne

Wzrost osiągów w całym zakresie prędkości obrotowej, niskie zużycie paliwa, zwiększona sprawność silnika, obniżenie wartości emisji spalin, odciążenie termiczne silnika – istnieje wiele powodów, aby chłodzić powietrze spalania w silnikach z turbodoładowaniem za pomocą chłodnicy powietrza doładowującego. Zasadniczo rozróżnia się dwa rodzaje chłodzenia: bezpośrednie chłodzenie powietrza doładowującego, gdzie chłodnica powietrza doładowującego zainstalowana jest w przedniej części pojazdu i chłodzona powietrzem otoczenia (pęd powietrza podczas jazdy), oraz pośrednie chłodzenie powietrza doładowującego, gdzie chłodziwo przepływa przez chłodnicę powietrza doładowującego i odprowadza ciepło.

Chłodnica powietrza doładowującego

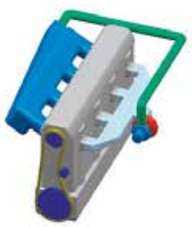
Budowa i zasada działania

Pod względem konstrukcji chłodnica powietrza doładowującego odpowiada chłodnicy chłodziwa. Medium schładzane w chłodnicy powietrza doładowującego (LLK, z niem. Ladeluftkühler) to nie chłodziwo, lecz gorące sprężone powietrze (do 150°C) pochodzące z turbosprężarki. Zasadniczo ciepło powietrza doładowującego może być odprowadzane przez powietrze zewnętrzne lub przez chłodziwo silnika. Powietrze doładowujące trafia do chłodnicy powietrza doładowującego, która – w przypadku bezpośredniego chłodzenia powietrza doładowującego – jest owiewana przez strumień powietrza, a następnie schłodzone powietrze jest doprowadzane do układu dolotowego silnika. W przypadku chłodnicy powietrza doładowującego chłodzonej chłodziwem pozycja montażowa może być niemal dowolna, przy czym zaletą jest również mniejsza pojemność konstrukcyjna. Na przykład w przypadku pośredniego chłodzenia powietrza doładowującego, chłodnica powietrza doładowującego chłodzona chłodziwem i układ dolotowy mogą tworzyć jedną jednostkę. Bez dodatkowego obiegu chłodzącego temperaturę powietrza doładowującego można jednak obniżyć tylko do wartości zbliżonej do temperatury chłodziwa. Dzięki osobnemu (niezależnemu od obiegu chłodziwa silnika) obiegowi chłodziwa chłodnicy powietrza doładowującego można dodatkowo zwiększyć sprawność silnika poprzez zwiększenie gęstości powietrza.

W układzie tym zintegrowano niskotemperaturową chłodnicę chłodziwa i chłodnicę powietrza doładowującego chłodzoną strumieniem chłodziwa. Ciepło odpadowe z powietrza doładowującego jest najpierw przekazywane do chłodziwa, a następnie odprowadzane do powietrza otoczenia poprzez chłodnicę niskotemperaturową. Chłodnica niskotemperaturowa znajduje się w przedniej części pojazdu. Ponieważ chłodnica niskotemperaturowa wymaga znacznie mniej miejsca niż konwencjonalna chłodnica powietrza doładowującego chłodzona powietrzem, uwolniona zostaje przestrzeń w przedniej części pojazdu. Ponadto nie trzeba już montować szerokich przewodów powietrza doładowującego.

Bezpośrednie chłodzenie powietrza doładowującego

Rysunek schematyczny



Pośrednie chłodzenie powietrza doładowującego/kolektor dolotowy ze zintegrowaną chłodnicą powietrza doładowującego

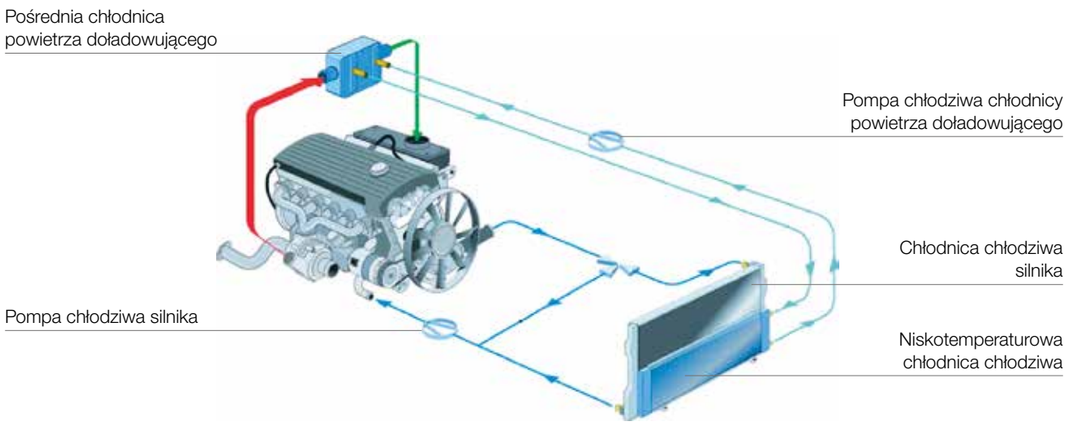
Skutki awarii

Uszkodzenie chłodnicy powietrza doładowującego można stwierdzić na podstawie następujących objawów:

- Słabe osiągi silnika
- Utrata chłodziwa (w przypadku chłodnicy powietrza doładowującego chłodzonej strumieniem chłodziwa)
- Zwiększona emisja zanieczyszczeń
- Zwiększone zużycie paliwa

Możliwe przyczyny usterki:

- Uszkodzone lub zablokowane przyłącza węży/chłodziwa
- Utrata chłodziwa lub dopływ powietrza spoza układu wskutek nieszczelności
- Uszkodzenia zewnętrzne (uderzenie kamieniem, wypadek)
- Zmniejszony przepływ powietrza (zanieczyszczenia)
- Niewystarczająca wymiana ciepła z powodu zanieczyszczeń wewnętrznych (korozja, uszczelniacz, osady kamienia)
- Awaria pompy chłodziwa (w przypadku niskotemperaturowej chłodnicy chłodziwa)



Wyszukiwanie usterki

Czynności kontrolne, które pomogą wykryć usterkę:

- Sprawdzić poziom chłodziwa
- Sprawdzić chłodziwo pod kątem zanieczyszczenia/przebarwienia oraz zawartość środka przeciw zamarzaniu
- Sprawdzić, czy występują zewnętrzne uszkodzenia lub zabrudzenie
- Sprawdzić elementy układu i elementy łączące (przyłącza węży) pod kątem nieszczelności
- Sprawdzić pompę chłodziwa
- Sprawdzić wentylator i wentylator pomocniczy
- Sprawdzić natężenie przepływu (zatory spowodowane przez ciała obce, korozję)

Chłodnica układu recyrkulacji spalin (EGR)

Informacje ogólne

Jednym ze sposobów zachowania zgodności z surowymi wartościami granicznymi emisji tlenku azotu (NO_x) określonymi w normie Euro 6 jest zastosowanie chłodzonego układu recyrkulacji spalin (EGR). W rozwiązaniu tego typu część głównego strumienia spalin jest pobierana pomiędzy kolektorem wydechowym a turbosprężarką, schładzana w specjalnym wymienniku ciepła (chłodnica EGR) i przekazywana do powietrza wlotowego. Obniża to temperaturę spalania w silniku i ogranicza generowanie tlenków azotu.

Wymontowana chłodnica EGR

Budowa i zasada działania

Montowana w pobliżu silnika chłodnica EGR jest wykonana ze stali nierdzewnej lub aluminium. Posiada kilka przyłączy, przez które gorące spaliny i chłodziwo wpływają do chłodnicy. Po schłodzeniu gazów spalinowych w chłodnicy opuszczają one chłodnicę i są przekazywane w dozowanych ilościach do układu wlotowego, a następnie do komory spalania. Powoduje to redukcję emisji tlenku azotu jeszcze przed katalizatorem. Na chłodnicy EGR zainstalowane są aktuatory pneumatyczne i/lub elektryczne, które przejmują kontrolę nad prędkością recyrkulacji spalin.

Przyczyny i skutki awarii

Chłodnica EGR nie jest klasyczną częścią zużywalną, jednak uszkodzenia spowodowane np. skrajnymi wahaniami temperatury lub agresywnymi dodatkami do chłodziwa (albo brakiem wymaganych dodatków) mogą prowadzić do nieszczelności wewnętrznych lub zewnętrznych. Możliwa jest także awaria aktuatorów. Objawem nieszczelności chłodnicy EGR może być stopniowa utrata chłodziwa (często w połączeniu z podwyższoną temperaturą silnika).

Na początku utrata jest niezauważalna, ponieważ podczas pracy silnika przeciwciśnienie spalin jest wyższe niż ciśnienie chłodziwa. Gdy silnik jest wyłączony, ciśnienie spada, a chłodziwo wydostaje się w części dolotowej lub wydechowej silnika. Jeśli chłodnica znajduje się wyżej niż zawory wlotowe i wylotowe, może to prowadzić do gromadzenia się chłodziwa w komorze spalania.

W przypadku ponownego uruchomienia silnika „udar wodny” może spowodować mechaniczne uszkodzenie elementów silnika.

W razie pęknięcia chłodnicy EGR ciśnienie spalin może wydostawać się w sposób niekontrolowany i jego wielkość nie będzie już wystarczająca dla turbosprężarki. W rezultacie wystąpi brak ciśnienia doładowania lub słabe osiągi silnika. Aktuatory zainstalowane na chłodnicy EGR mogą ulec awarii wskutek np. nieszczelności, pęknięcia membrany (pneumatyczna), usterek elektrycznych (wysterowanie, styki) lub mechanicznych (napęd/uruchomienie utrudnione lub uszkodzone).

Inną możliwą przyczyną awarii jest wewnętrzne zanieczyszczenie nagarem chłodnicy EGR. Wiele z powyższych usterek jest wykrywanych przez jednostkę sterującą i powoduje zapalenie się lampki kontrolnej silnika.

Wyszukiwanie usterki

Ze względu na lokalizację chłodnicy EGR identyfikacja usterki może być utrudniona. Istnieje jednak szeroki wachlarz możliwości testowania elementów w celu określenia przyczyny usterki:

1. Odczytanie pamięci błędów

- Odczytanie pamięci błędów dostarcza informacji o obszarze, w którym wystąpiła usterka

2. Obserwacja bloków wartości pomiarowych

- Porównanie wartości zadanych/rzeczywistych pozwala na wyciągnięcie wniosków dotyczących działania i statusu elementów

3. Testy optyczne i akustyczne

- Za pomocą kontroli wizualnej i akustycznej można wykryć nieszczelności (chłodziwo, spaliny, ciśnienie/podciśnienie) oraz zanieczyszczenia

4. Testy mechaniczne

- Napędy mechaniczne (serwomotory) należy skontrolować pod względem działania i swobody ruchu

5. Próba ciśnieniowa/próżniowa

- Za pomocą pompy ciśnieniowej/podciśnieniowej można przetestować elementy pneumatyczne (puszka podciśnieniowa/zawory/przetwornik ciśnienia) i przewodów wężowych

6. Użycie multimetru

- Multimetr może posłużyć do badania napięcia zasilania elementów elektrycznych

7. Test przy użyciu oscyloskopu

- Użycie oscyloskopu zaleca się szczególnie przy badaniu wysterowania elementów (sygnał PWM)

Przed rozpoczęciem diagnostyki należy wykonać przegląd systemu i zainstalowanych komponentów w oparciu o dokumentację specyficzną dla danego pojazdu (schemat połączeń, wartości kontrolne). Następnie można przejść do systematycznego wyszukiwania usterki.

Chłodnica EGR – uruchomienie mechaniczne

Chłodnica EGR – z serwomotorem i puszką podciśnieniową

Dogrzewacz PTC

Informacje ogólne

Ze względu na wysoką sprawność nowoczesnych silników z wtryskiem bezpośrednim (np. TDI) ciepło odpadowe nie wystarcza już w zimne dni do szybkiego ogrzania wnętrza pojazdu. Dogrzewacze PTC, które są montowane przed wymiennikiem ciepła (w kierunku jazdy), powodują szybsze nagrzewanie się wnętrza. Składają się one z kilku rezystorów sterowanych elektrycznie i zależnie od temperatury. Energia jest niezwłocznie pobierana z instalacji pokładowej i przekazywana bezpośrednio do wnętrza pojazdu w formie ciepła przez strumień powietrza z dmuchawy.

Dogrzewacz PTC

Budowa i zasada działania

Komponenty PTC należą do kategorii nieliniowych rezystorów ceramicznych. PTC to skrót od terminu Positive Temperature Coefficient, który oznacza dodatni współczynnik temperaturowy – tzn. opór elektryczny wzrasta wraz z temperaturą elementu. Nie jest to jednak do końca prawda, ponieważ na początku oporność spada wraz ze wzrostem temperatury. W tym zakresie krzywa charakterystyki rezystancji ma ujemną charakterystykę temperaturową. Dopiero po osiągnięciu minimalnej oporności ujemna charakterystyka temperaturowa zmienia się na dodatnią, tzn. w miarę wzrostu temperatury oporność najpierw powoli spada, a następnie gwałtownie wzrasta od około 80°C aż do punktu, w którym element PTC nie przyjmie praktycznie żadnego dodatkowego prądu. Jeżeli w tym momencie przez dogrzewacz PTC nie przepływa powietrze, temperatura powierzchni elementu PTC wynosi około 150°C, a metalowej ramy – około 110°C. Dogrzewacz PTC składa się z kilku elementów grzejnych, ramy montażowej, ramy izolacyjnej oraz przekaźnika lub elektroniki mocy.

Elementy grzejne składają się z wkładów ceramicznych PTC, płytek stykowych, złączy i aluminiowych żeber falistych. Żebra faliste zwiększają emitującą ciepło powierzchnię płytek kontaktowych. W celu zwiększenia przepływu ciepła po stronie powietrza żebra faliste zostały wyposażone w szczeliny (tzw. skrzela). Dzięki lepszemu transferowi ciepła można mocno ograniczyć wzrost prądu rozruchowego w porównaniu z dogrzewaczami bez żeber falistych ze szczelinami. Wiąże się to z jeszcze jedną zaletą: poszczególne ciągi PTC można częściej załączać. Dzięki temu dogrzewacz można eksploatować z wyższą wydajnością całkowitą. Know-how w zakresie wytwarzania modułów ze skrzelami wywodzi się z produkcji chłodnic. Dogrzewacz jest umieszczony w układzie klimatyzacji/układzie grzewczym w strumieniu powietrza bezpośrednio za konwencjonalnym wymiennikiem ciepła, co redukuje przestrzeń montażową do niezbędnego minimum.

Gdy temperatura zewnętrzna jest niska, a silnik zimny, przez dogrzewacz PTC przepływa początkowo tylko zimne powietrze lub powietrze lekko podgrzane przez wymiennik ciepła. Temperatura i oporność elementów grzejnych są niskie, ale moc grzewcza jest wysoka. Gdy zadziała konwencjonalne ogrzewanie, wzrasta temperatura powietrza i oporność, a moc grzewcza odpowiednio maleje. Przy temperaturze powierzchni dogrzewacza PTC, przez który przepływa ciepłe powietrze o temperaturze 25°C, uzyskuje się przepływ objętościowy ok. 480 kg powietrza na godzinę. Przy tej temperaturze powietrza przyjmuje się średnią temperaturę 50°C w obwodzie grzewczym. Nominalną rezystancję elementów PTC można dobrać na różne sposoby, co odpowiednio wpłynie na pobór prądu i moc. Niska rezystancja nominalna pozwala na uzyskanie wysokiej mocy cieplnej podczas pracy. Moc dogrzewaczy PTC wynosi od 1 do 2 kW. Przy mocy 2 kW osiągana jest granica mocy sieci o napięciu 12 V (150 A przy 13 V). W przypadku instalacji pokładowej o napięciu 42 V możliwe jest uzyskanie wyższej mocy. Ze względu na małą masę i fakt, że ciepło wytworzone elektrycznie przekazywane jest bezpośrednio do strumienia powietrza bez przekierowania, działanie dogrzewacza PTC można odczuć niemal natychmiast. Tak duża szybkość działania przy spontanicznym użyciu jest cechą charakterystyczną dogrzewaczy PTC. Ponieważ silnik szybciej osiąga temperaturę roboczą dzięki dodatkowemu obciążeniu alternatora, konwencjonalne ogrzewanie również może zadziałać szybciej. Ta dodatkowa moc grzewcza stanowi około dwóch trzecich mocy dogrzewacza PTC. W praktyce ta moc cieplna może być przypisana do dogrzewacza PTC. Krzywa charakterystyki oporności elementów PTC zapobiega przegrzaniu dogrzewacza PTC. Temperatura powierzchni ramy metalowej zawsze wynosi poniżej 110°C. Ponadto przy wyższych temperaturach wydmuchu wymiennika ciepła moc nagrzewnicy PTC ulega zmniejszeniu. Elektronika mocy umożliwia sterowanie dogrzewaczem PTC w kilku stopniach lub bezstopniowo, tak aby możliwe było dostosowanie do wymaganej mocy grzewczej lub dostępnej mocy elektrycznej.

Sterowanie dogrzewaczem PTC odbywa się albo zewnętrznie za pomocą przekaźników, albo za pomocą sterownika zintegrowanego z elektroniką mocy. W przypadku sterowania za pomocą przekaźników producent pojazdu określa, które i ile stopni zostaje włączonych. W przypadku układu sterowania zintegrowanego z dogrzewaczem można rozróżnić funkcjonalność minimalną i wysoką. Przy funkcjonalności minimalnej stopnie są załączane indywidualnie.

Elektronika mocy chroni dogrzewacz przed przepięciem, zwarciem i zamianą biegunów. Przeprowadzenie diagnostyki dla tego rodzaju sterowania nie jest możliwe. W przypadku sterowania stopniowego możliwe jest zastosowanie do ośmiu stopni. Wysterowanie następuje zależnie od zasobów mocy i zapotrzebowania na dogrzewanie, czyli pożądanego komfortu cieplnego. W układzie sterowania o wysokiej funkcjonalności sterowanie elektroniką mocy odbywa się np. bezstopniowo poprzez magistralę LIN lub CAN pojazdu. W ten sposób energia elektryczna dostarczana przez instalację pokładową w danym momencie może być zawsze optymalnie wykorzystana do dodatkowego ogrzewania. Oprócz zabezpieczenia przed przepięciem, zwarciem i zamianą biegunów, elektronika mocy o wysokiej funkcjonalności dysponuje zabezpieczeniem nadprądowym na stopień, zabezpieczeniem obwodu drukowanego przed przegrzaniem oraz funkcją kontroli napięcia. System sterowania o wysokiej funkcjonalności posiada możliwości diagnostyczne.

Skutki awarii

Uszkodzenie dogrzewacza PTC można stwierdzić na podstawie następujących objawów:

- Zmniejszona moc grzewcza, gdy silnik jest zimny
- Zapisanie kodu błędu w pamięci błędów

Możliwe przyczyny usterki:

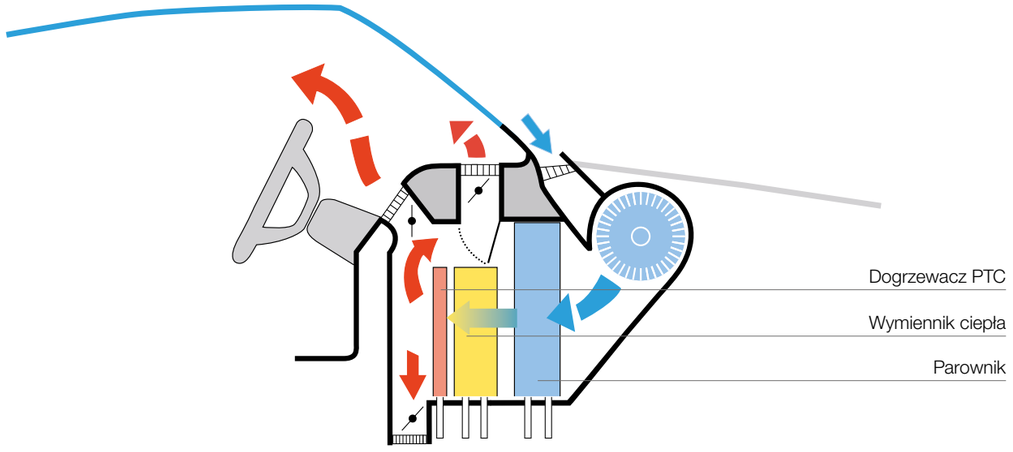
- Uszkodzone elektryczne wysterowanie lub przyłącza elektryczne dogrzewacza PTC
- Uszkodzony dogrzewacz PTC (elektronika mocy, rezystory)

Wyszukiwanie usterki

Czynności kontrolne, które pomogą wykryć usterkę:

- Sprawdzić bezpiecznik
- Odczytać pamięć błędów
- Odczytać bloki wartości pomiarowych
- Sprawdzić wysterowanie elektryczne (przekaźnik)
- Sprawdzić złącza elektryczne

W wielu pojazdach układ sterowania instalacji pokładowej steruje dogrzewaczem PTC metodą tzw. „zarządzania obciążeniem” i wyłącza dogrzewacz również w razie przeciążenia instalacji pokładowej. Status zarządzania obciążeniem można często odczytać za pomocą bloków wartości pomiarowych. W przypadku pogorszenia mocy grzewczej można zatem stwierdzić, odczytując pamięć błędów i bloki wartości pomiarowych, czy wyłączenie dogrzewacza wynika z przeciążenia instalacji pokładowej. Przyczyną przeciążenia może być również uszkodzony dogrzewacz.



Położenie wymiennika ciepła/dogrzewacza we wnętrzu pojazdu

MAHLE Aftermarket GmbH
Pragstraße 26 - 46
70376 Stuttgart, Niemcy
Telefon: +49 711 501-0

www.mahle-aftermarket.com
www.mpulse.mahle.com

MAHLE/2020-06/PL