MAHLE

Refrigeração automotiva

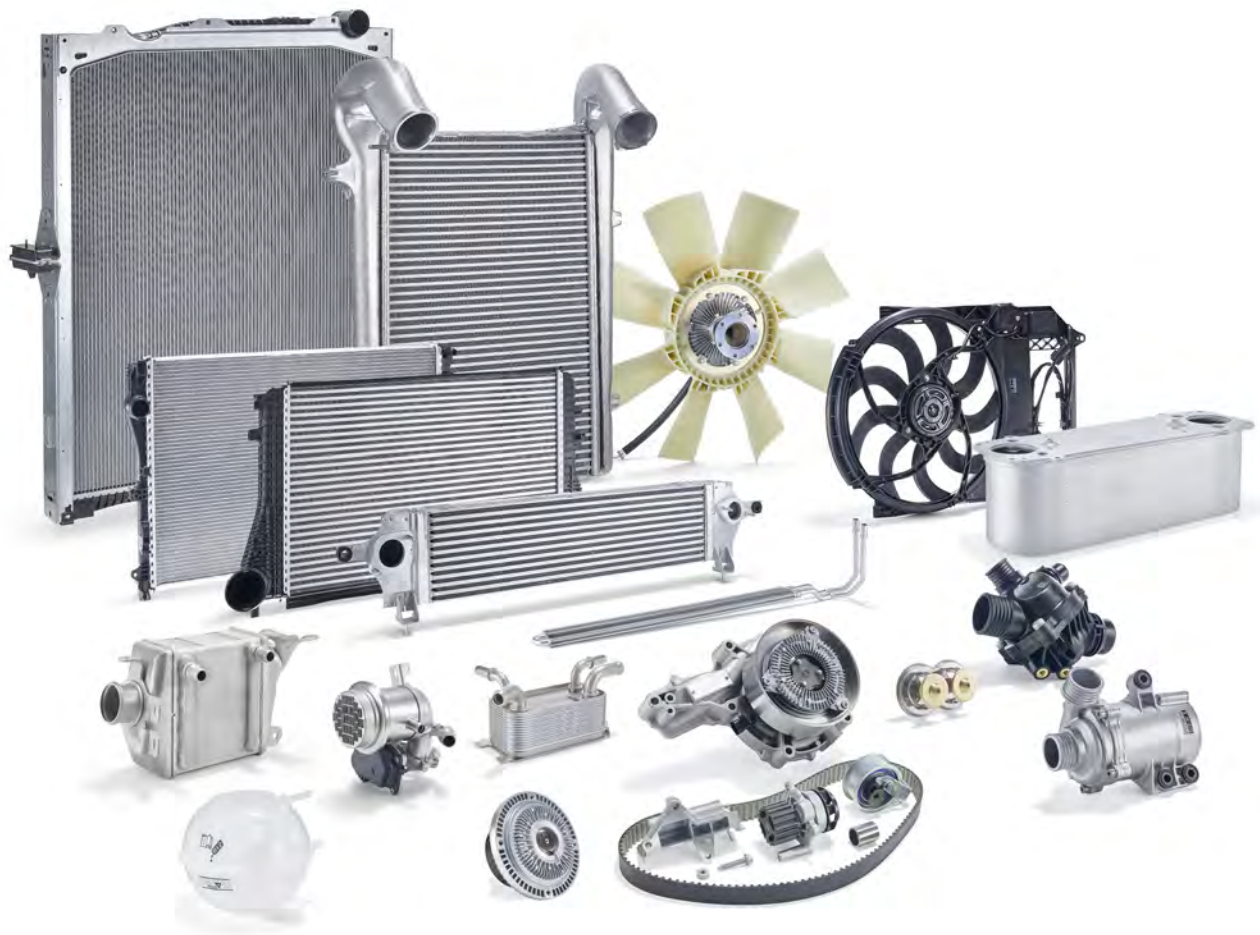
Guia compacto para oficinas

BEHR®

O que é gerenciamento térmico?

O gerenciamento térmico garante a temperatura ideal do motor em todas as condições de funcionamento, assim como o aquecimento e resfriamento da cabine do veículo. Por isso, um sistema moderno de gerenciamento térmico é composto de peças da refrigeração do motor e do ar-condicionado.

Os componentes desses dois módulos, que interagem entre si, muitas vezes formam uma unidade. Neste guia, apresentamos sistemas modernos de refrigeração e suas características técnicas, incluindo também seu modo de funcionamento, causas de falhas, especificidades e opções de diagnóstico.



Isenção de responsabilidade/créditos das imagens

As informações neste documento foram compiladas pelo organizador da publicação com base nos dados fornecidos pelos fabricantes e importadores de automóveis, entre outros. Foram tomados todos os cuidados para garantir a precisão destas informações. No entanto, o organizador da publicação não assume qualquer responsabilidade por eventuais erros e suas consequências. Isso vale para o uso de dados e informações que se mostrem incorretos ou indevidamente representados, ou para erros que possam ter surgido acidentalmente durante a compilação dos dados. Sem se limitar às situações acima, o organizador da publicação não se responsabiliza por nenhum lucro cessante, por perdas no valor da empresa ou qualquer perda decorrente, incluindo prejuízos econômicos. O organizador da publicação não assume qualquer responsabilidade por danos ou falhas operacionais que possam decorrer da inobservância dos documentos de treinamento e das instruções específicas de segurança. As imagens incluídas neste guia foram, em sua maior parte, fornecidas pela MAHLE e pela MAHLE Service Solutions.

Índice

Sistemas modernos de refrigeração

Veículos de passeio 4
Veículos comerciais 5
Design de um módulo de refrigeração moderno 5

Refrigeração: uma retrospectiva

Refrigeração de motores com água 6
Refrigeração moderna de motores 7

Sistemas de refrigeração

Sistema de refrigeração do motor 8
Radiador do líquido de refrigeração 9
Radiador de alumínio 11
Tanque de compensação 12
Termostatos 13
Bombas do líquido de refrigeração 14
Bombas elétricas do líquido de refrigeração 15
Trocadores de calor da cabine 16

Ventiladores do motor

Ventiladores Visco® 17
Acoplamento eletrônico Visco® 18
Ventiladores elétricos do radiador 19

Outros sistemas de refrigeração

Radiadores de óleo para motor, transmissão e retardadores hidrodinâmicos 20
Refrigeração da direção hidráulica 21
Refrigeração de combustível 21
Refrigeração direta do ar de admissão 24
Refrigeração indireta do ar de admissão 25
Resfriador de recirculação de gases de escape (EGR) 26

Ar de admissão e gestão de temperatura

Controle de temperatura do ar para o processo de combustão no motor 27
Subsistemas da gestão de temperatura do ar de admissão (ATM) 28
Gestão de temperatura da bateria em veículos híbridos 31

Aquecedores auxiliares PTC

Estrutura e funcionamento 33
Potência e espontaneidade 34
Segurança na operação 35
Controle 35
Novos desenvolvimentos 35

Diagnóstico, manutenção e reparos

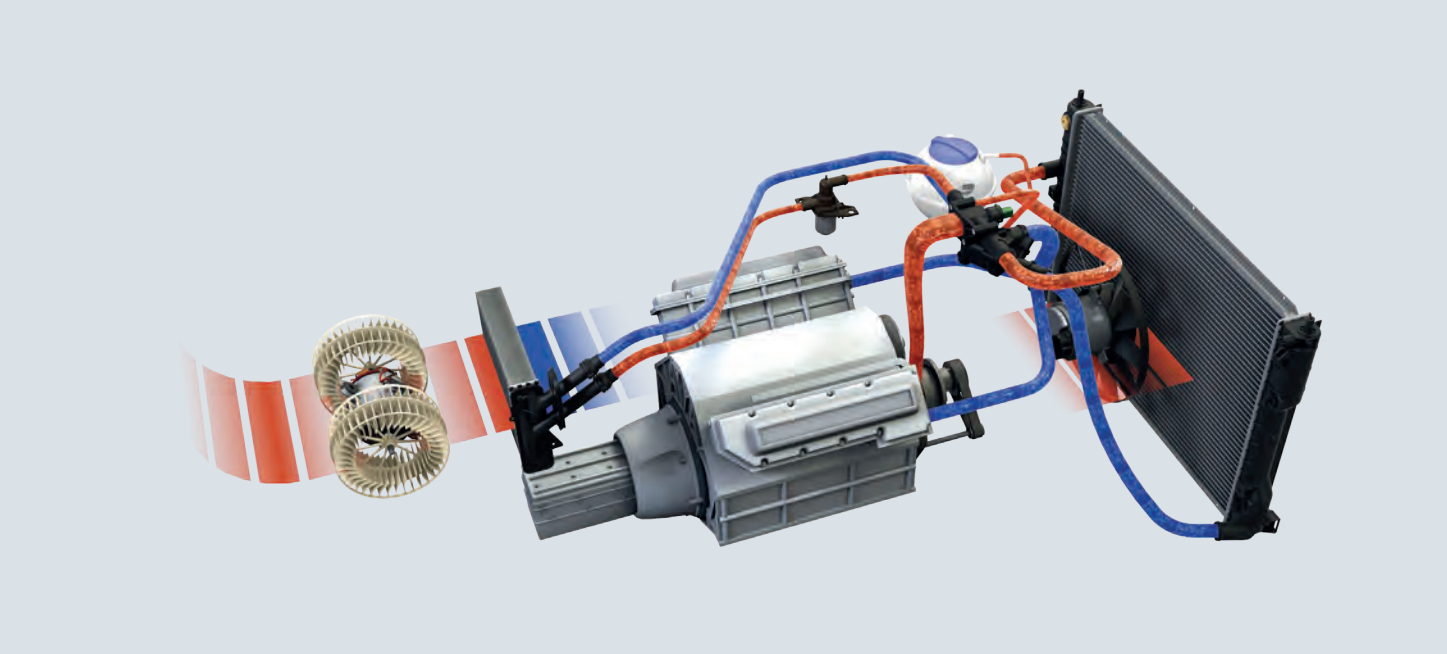
Líquido de refrigeração e proteção contra congelamento e corrosão 36
Manutenção do radiador 37
Sangramento de ar ao abastecer o sistema 38
Danos típicos 39
Testagem e diagnóstico do sistema de refrigeração 40

Refrigeração com controle eletrônico

Nível de temperatura do líquido de refrigeração 42
Carcaça de distribuição do líquido de refrigeração 43
Unidade de controle do líquido de refrigeração 44
Controle eletrônico: visão geral 45
Regulagem da temperatura do líquido de refrigeração quando é necessário aquecimento 46
Termostato controlado por mapa 48

Informações técnicas 50

Sistemas modernos de refrigeração

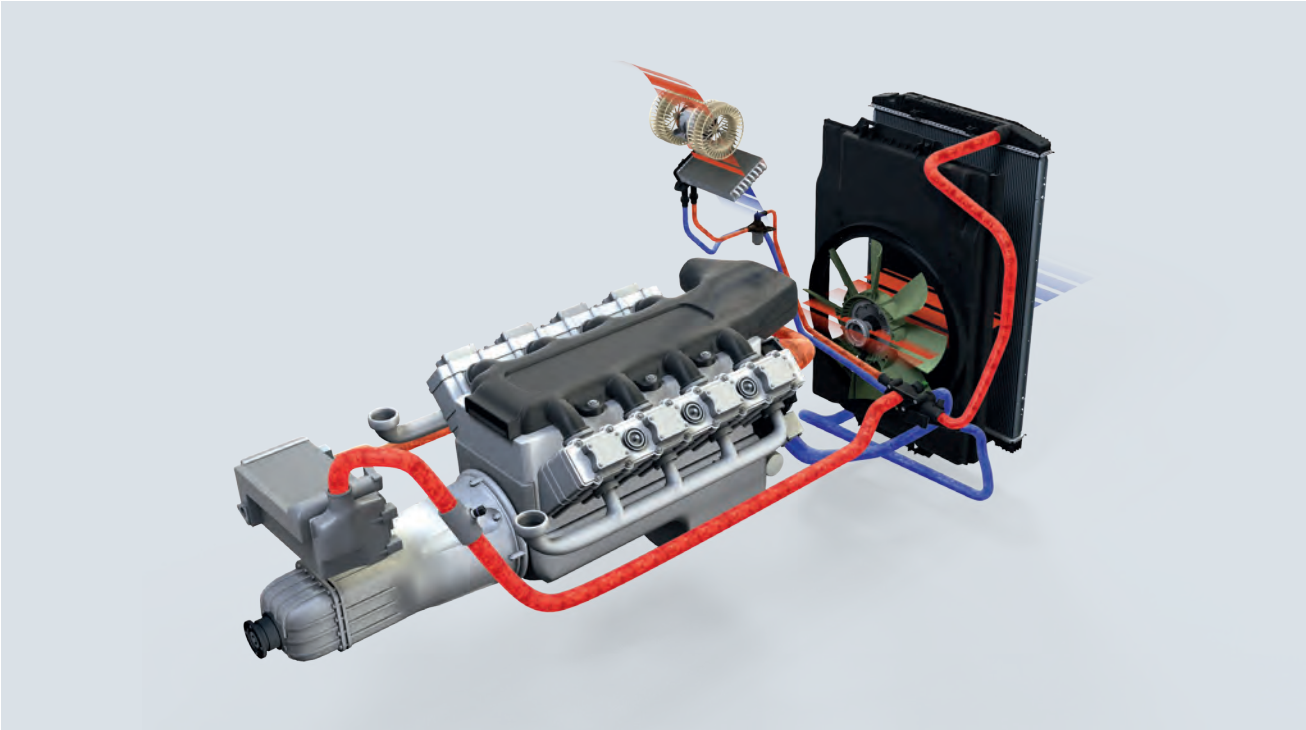


Veículos de passeio

Todo o calor gerado por um motor e seus sistemas dependentes precisa ser dissipado. Hoje se admite só uma pequena tolerância na temperatura de operação dos motores, para controlar seu funcionamento e a temperatura ambiente (motor e cabine do veículo). Uma temperatura de operação elevada pode influenciar os valores de emissões.

Isso pode causar falhas no controle do motor. Além disso, em motores como os de injeção direta, tanto a diesel quanto a gasolina, que geram pouco calor, o sistema de refrigeração precisa aquecer os ocupantes do veículo no inverno e refrescá-los no verão. Todos esses fatores devem ser considerados ao desenvolver um sistema de gerenciamento térmico. Somam-se a isso, ainda, as exigências de maior desempenho e eficiência em um espaço de instalação menor.

> Você sabia? A MAHLE é um dos maiores fabricantes mundiais de equipamento original para refrigeração de motores e climatização de veículos.

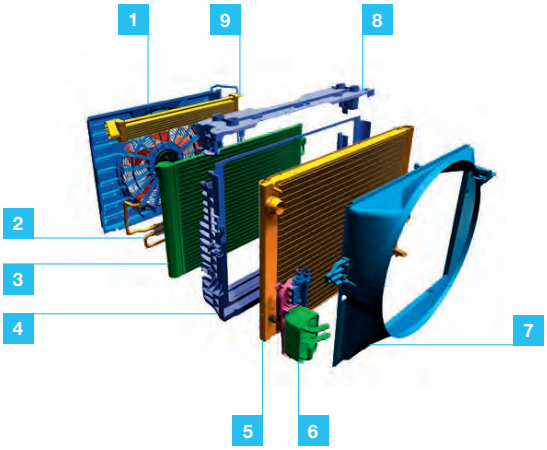


Veículos comerciais

Apresentamos aqui um exemplo típico da tecnologia atual de gerenciamento térmico em veículos comerciais.

Design de um módulo de refrigeração moderno

Este é um exemplo típico de um módulo de refrigeração utilizado atualmente. Ele é composto de radiador do líquido de refrigeração, radiador do óleo do motor, condensador do ar-condicionado, radiador do óleo da transmissão, radiador da direção hidráulica e ventoinha do radiador/condensador de AC.



1 Caixilho de pressão com ventoinha elétrica

2 Radiador da direção hidráulica

3 Módulo do condensador do ar-condicionado

4 Moldura de sustentação

5 Radiador de alumínio

6 Radiador do óleo da transmissão

7 Caixilho de sucção para ventilador do motor

8 Cobertura da moldura de sustentação

9 Radiador do óleo do motor

Refrigeração: uma retrospectiva

Refrigeração de motores com água

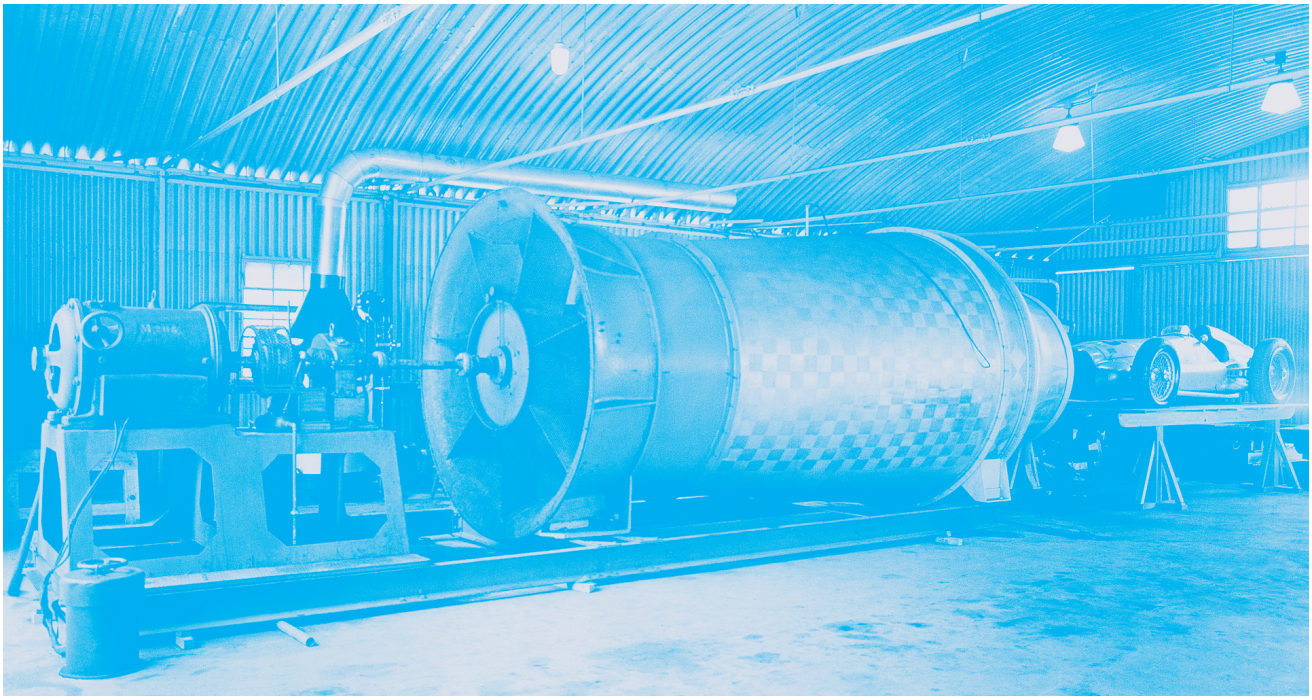
As temperaturas geradas durante a queima do combustível (de até 2.000°C) são prejudiciais para a operação do motor. Por isso, o motor é resfriado para manter sua temperatura de operação. O primeiro tipo de refrigeração com água foi a refrigeração por termossifão. Nela, a água aquecida fica mais leve e sobe por um tubo coletor para a parte superior do radiador. Então é resfriada pelo vento externo, desce para o fundo e flui de volta para o motor. Esse circuito continua em funcionamento enquanto o motor estiver ligado. A refrigeração era reforçada por ventiladores, sem possibilidade de controle. Posteriormente, a circulação da água passou a ser acelerada por uma bomba de água.

Pontos fracos:

- Aquecimento demorado
- Baixa temperatura do motor em clima frio

Com a evolução dos motores, passou a ser usado um regulador da água do radiador ou termostato. A circulação da água pelo radiador era controlada com base na temperatura da água do radiador. Em 1922, o processo era descrito assim: “A finalidade desses dispositivos é aquecer rapidamente o motor e evitar que esfrie.” Aqui já temos a refrigeração controlada por termostato, com as seguintes funções:

- Aquecimento rápido
- Manutenção de temperatura operacional constante



Túnel de vento da BEHR em 1937

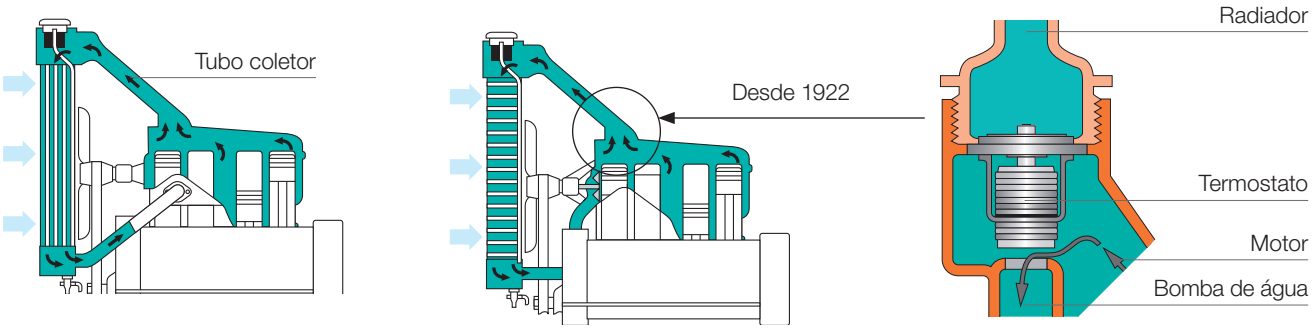
Túnel de vento para climatização da MAHLE hoje

Refrigeração moderna de motores

O termostato e o decorrente encurtamento do circuito do líquido de refrigeração trouxeram uma melhoria crucial para a refrigeração de motores. Enquanto a temperatura de operação desejada do motor não é atingida, a água não passa pelo radiador, retornando ao motor em um percurso mais curto. Só quando a temperatura de operação desejada é atingida, o termostato abre a conexão via radiador. Esse controle continua presente em todos os sistemas até hoje.

A temperatura de operação do motor é fundamental não só para o desempenho e o consumo, como também para garantir menos emissões poluentes.

Para resfriar um motor, hoje se considera o fato de que a água pressurizada entra em ebulição não a 100°C, mas entre 115°C e 130°C. Por isso, o circuito de refrigeração é mantido sob pressão de 1,0 a 1,5 bar. Sendo um sistema de refrigeração fechado, ele conta com um tanque de compensação enchido só até cerca da metade. Em vez de água pura, é usada uma mistura de água e aditivo de refrigeração como meio de resfriamento. Esse é o líquido de refrigeração, que tem propriedades anticongelantes, ponto de ebulição mais alto e protege os componentes do motor e do circuito de refrigeração contra corrosão.



Desde 1910 com bomba de água

Sistemas de refrigeração

Sistema de refrigeração do motor

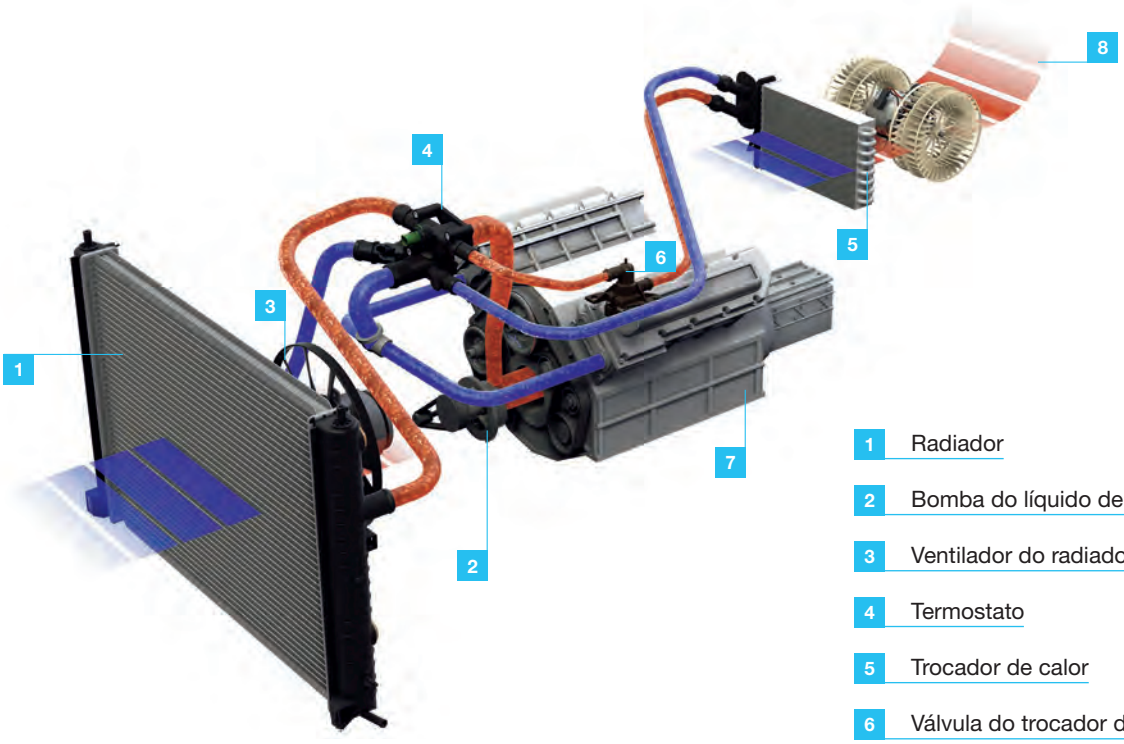
Com o compartimento do motor se tornando cada vez mais compacto, a acomodação dos componentes e a dissipação das enormes quantidades de calor representam um grande desafio. Resfriar o compartimento do motor exige muito dos sistemas modernos de refrigeração. Como resultado, houve grandes progressos recentes nesse campo.

As exigências do sistema de refrigeração são:

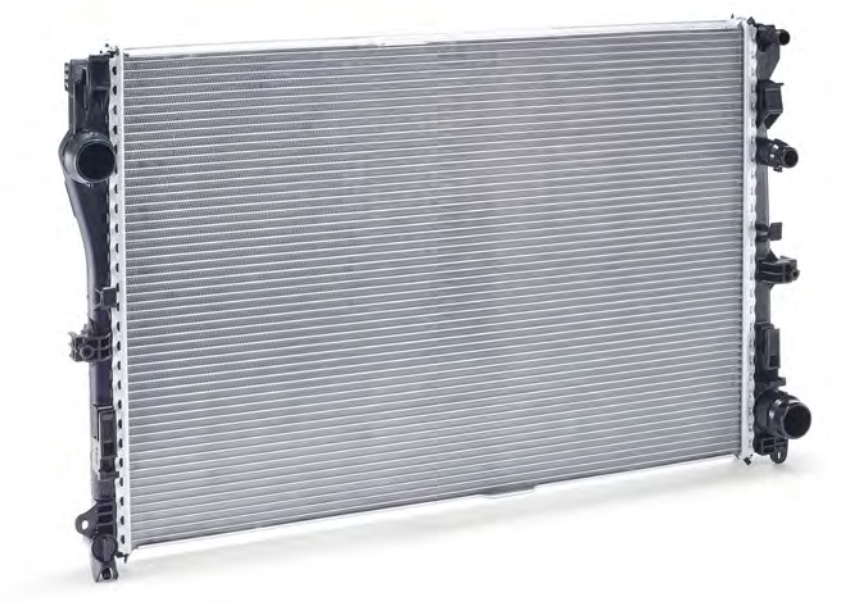
- Fase de aquecimento mais curta
- Aquecimento rápido da cabine
- Menor consumo de combustível
- Vida útil mais longa dos componentes

Todos os sistemas de refrigeração de motores baseiam-se nos seguintes componentes:

- Radiador do líquido de refrigeração
- Termostato
- Bomba do líquido de refrigeração (mecânica ou elétrica)
- Tanque de compensação
- Tubos
- Ventilador do motor (movido a correia em V ou Visco®)
- Sensor de temperatura (controle do motor/display)



1 Radiador
2 Bomba do líquido de refrigeração
3 Ventilador do radiador
4 Termostato
5 Trocador de calor
6 Válvula do trocador de calor (opcional)
7 Motor
8 Fluxo de ar



Radiador do líquido de refrigeração

Radiador do líquido de refrigeração

A refrigeração de motores começa a partir de 1905, quando a temperatura de combustão nos motores era de aprox. 600 °C a 800°C. Da virada do século até cerca de 1938, eram usados radiadores de aço, até surgirem os radiadores de metais não ferrosos (cobre/latão). Como desvantagem, tinham peso elevado e disponibilidade limitada, o que aumentava o preço do material.

Requisitos do radiador:

- Alta densidade de potência
- Solidez adequada
- Resistência duradoura a corrosão
- Baixo custo de fabricação
- Produção sustentável

Design:

- Tanque de água de poliamida reforçada com fibra de vidro
- Uso crescente de alumínio

Tarefa:

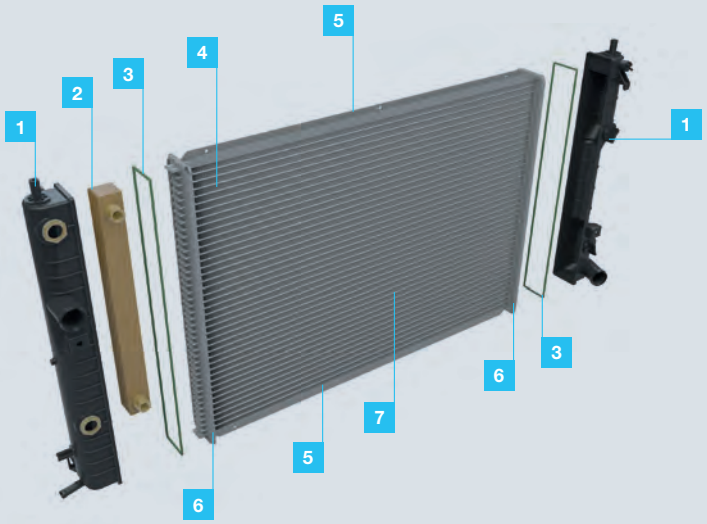
- Resfriar o líquido de refrigeração no circuito do motor

Vantagens:

- Ajuste preciso para montagem simples
- Eficiência ideal
- Sob medida para especificações do cliente (OEM)

Design típico

O radiador de óleo também pode ser um componente à parte do radiador do líquido de refrigeração. As peças individuais são combinadas para dar forma ao radiador. O resfriamento ocorre pelas aletas de refrigeração (colmeia), onde o ar absorve o calor do líquido de refrigeração conforme passa. O líquido de refrigeração flui de cima para baixo, no chamado fluxo descendente, ou em fluxo cruzado (da direita para a esquerda ou vice-versa). Ambas as variantes devem garantir tempo de percurso e corte transversal suficientes para resfriamento eficaz do líquido de refrigeração pelo contato com o ar.

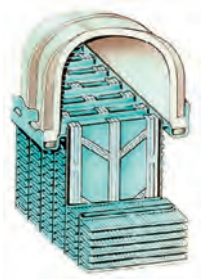


1 Tanque de água
2 Radiador do óleo
3 Vedações
4 Aletas de refrigeração (colmeia)
5 Chapas laterais
6 Base
7 Tubo de resfriamento

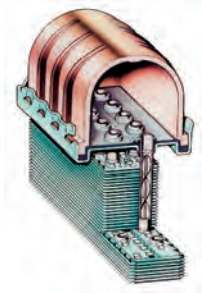
Tipos de design

Existem dois formatos típicos: montados por junção mecânica ou por solda. Ambos os tipos são usados nos radiadores de fluxo descendente. Os primeiros radiadores eram equipados com tanques de água feitos de latão; mais tarde, os tanques passaram a ser de plástico. Os radiadores de fluxo cruzado são 40% menores que os de fluxo descendente, e são usados nos veículos de passeio atuais, que requerem um design mais plano. O tanque de água é fixado e selado com uma borda corrugada desenvolvida pela MAHLE. Outra forma de fixação é o uso de flange com aba. Os radiadores de fluxo descendente são usados em veículos de passeio mais altos (off-road etc.) ou veículos comerciais. Basicamente, há dois diferentes métodos de fabricação de radiadores: os componentes podem ser montados mecanicamente ou soldados. Os dados técnicos de desempenho dos dois processos de fabricação são praticamente idênticos. A versão montada mecanicamente só é mais leve. A decisão de qual processo utilizar na produção em série fica a critério dos fabricantes de veículos.

O design da geometria de tubos e lamelas do radiador determina o seu desempenho, devendo-se considerar também o espaço disponível para instalação no veículo.



Soldado



Mecanicamente montado

Radiador de alumínio

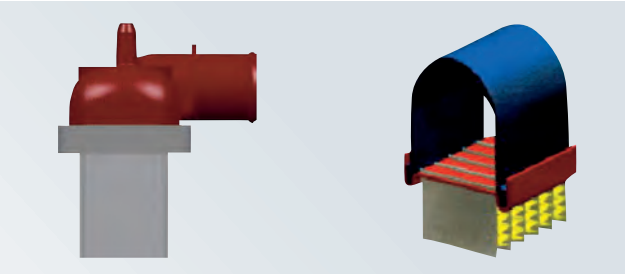
Radiador de alumínio

Como vemos aqui, nos radiadores totalmente de alumínio, a profundidade da colmeia é bastante reduzida. Esse formato ajuda a diminuir a profundidade total do módulo de refrigeração. Por exemplo, o radiador totalmente de alumínio do Audi A8 é 11% mais leve e tem profundidade de instalação 20 mm menor.

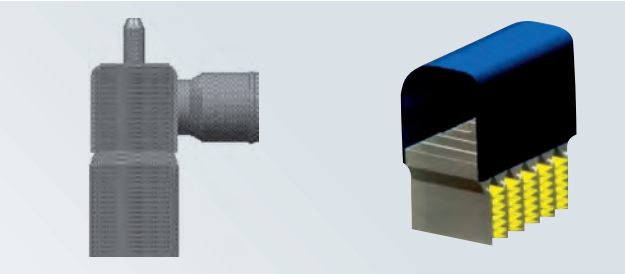
Essa estrutura tem as seguintes propriedades:

- Base superior deixa de ser necessária
- Profundidade da colmeia igual à profundidade total do radiador
- Redução de peso de 5 a 10%
- Maior estabilidade operacional
- Pressão de ruptura de 5 bars
- Totalmente reciclável
- Redução de danos de transporte (bico de transbordamento)
- É possível usar diferentes tipos de tubos
- Tubos cilíndricos para maior desempenho com dispositivo de turbulência
- Tubos ovais (oferecem maior superfície para resfriamento)
- Tubos planos, de fabricação mecânica, apainelados (ainda mais superfície e só uma fileira necessária)
- Tubos planos, soldados, sem fundente (melhor refrigeração, lamelas 100% ajustadas), porém mais caros
- Uso de liga especial de alumínio (colmeia)
- Temperatura de 600°C a 650°C, depois resfriamento a cerca de 130°C (tensões são compensadas)

Esta comparação mostra a diferença entre um radiador com base padrão e um radiador totalmente de alumínio. É visível como a profundidade total é consideravelmente reduzida, economizando espaço na instalação em um módulo de refrigeração moderno.



Profundidade da colmeia 40 mm, profundidade total 63,4 mm



Profundidade da colmeia 40 mm, profundidade total 40 mm

Tanque de compensação para veículos comerciais

Tanque de compensação

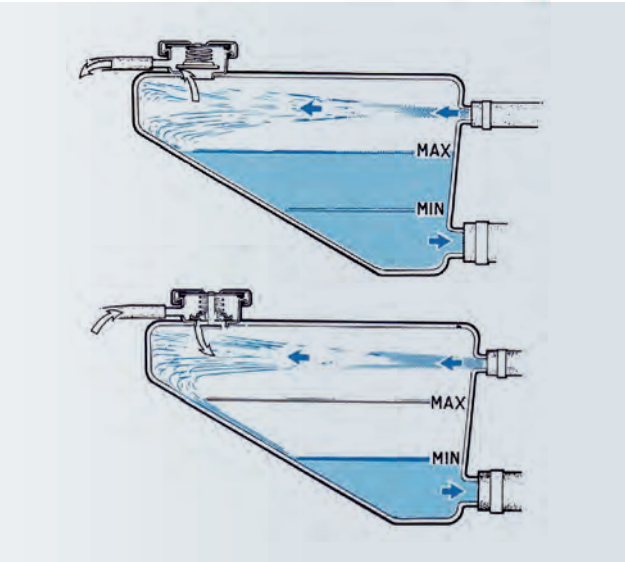
Para evitar o superaquecimento local dos componentes, não pode haver bolhas no circuito do líquido de refrigeração. O líquido de refrigeração entra no tanque em alta velocidade e sai em baixa velocidade (diâmetro diferente dos bicos).

Em comparação, os tanques de compensação dos veículos comerciais contêm três câmaras e uma grande quantidade de água – p. ex., 8 litros de volume de líquido de refrigeração. O tanque de compensação serve para coletar líquido de refrigeração expandido do circuito do líquido de refrigeração. A pressão é reduzida por uma válvula, mantendo a pressão do sistema em um valor predefinido.

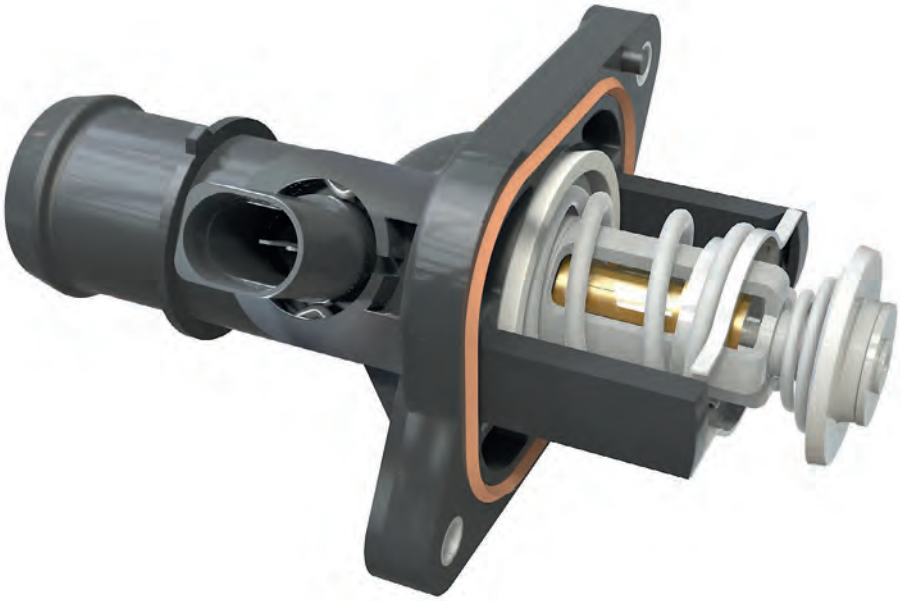
Tanque de compensação para veículo de passeio

Funcionamento

O aumento de temperatura do líquido de refrigeração provoca uma elevação da pressão no sistema, pois o líquido de refrigeração se dilata. O líquido de refrigeração é impelido para dentro do tanque. A pressão dentro do tanque sobe. A válvula de alívio de pressão na tampa se abre, permitindo que o ar escape. Quando a temperatura do líquido de refrigeração se normaliza, é criado um vácuo no sistema de refrigeração. O líquido de refrigeração então é sugado para fora do tanque, também criando um vácuo no tanque. Como resultado, abre-se a válvula de compensação de vácuo na tampa do tanque. O ar então entra no tanque até que seja atingido um equilíbrio de pressão.



Funcionamento do tanque de compensação



Termostato de controle eletrônico com elemento de cera

Termostato

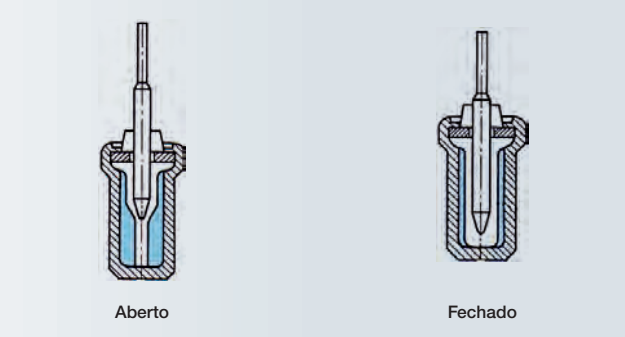
Os termostatos controlam a temperatura do líquido de refrigeração e, consequentemente, a temperatura do motor. Os termostatos mecânicos não mudaram muito ao longo dos anos e são instalados até hoje. Seu funcionamento se baseia em um elemento de cera que se dilata, abre uma válvula e faz o líquido de refrigeração retornar ao radiador para resfriamento. O termostato se abre ao atingir determinada temperatura, que é predefinida para o sistema e não pode ser alterada. Os termostatos com controle eletrônico são regulados pela unidade de controle do motor e se abrem conforme as condições de operação do motor. Os reguladores de temperatura com controle eletrônico ajudam a reduzir o consumo de combustível e as emissões de poluentes, graças à melhoria de eficiência mecânica do motor.

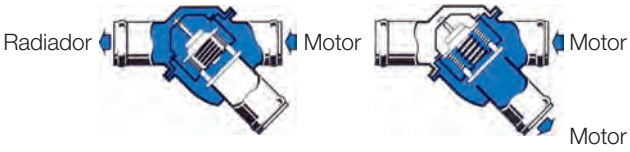
Vantagens:

- Redução de aprox. 4% no consumo de combustível
- Redução das emissões de poluentes
- Maior conforto (graças à melhor potência de aquecimento)
- Maior durabilidade do motor
- Preservação das condições de fluxo e termodinâmicas
- Regulagem de temperatura conforme a necessidade
- Máxima rapidez de mudança de temperatura
- Aumento mínimo no volume de instalação (< 3%)

Funcionamento

Ao ser aquecido acima de 80°C, o enchimento de cera derrete. Com o aumento de volume da cera, a caixa metálica move-se sobre o pistão de trabalho. O termostato abre o circuito do radiador, fechando simultaneamente o circuito de bypass. Se a temperatura cai para menos de 80°C, o enchimento de cera se solidifica novamente. Uma mola de retorno empurra a caixa metálica de volta para a posição original. O termostato fecha o fluxo até o radiador. O líquido de refrigeração flui diretamente de volta para o motor pelo tubo de bypass.





Termostato com elemento de cera

Bomba do líquido de refrigeração

Bombas do líquido de refrigeração

As bombas impulsionam o líquido de refrigeração pelo respectivo circuito e aumentam a pressão. Embora também haja inovações técnicas nas bombas do líquido de refrigeração, ainda há no mercado muitos veículos comerciais e de passeio com bombas movidas a correia. A próxima geração consiste em bombas com controle eletrônico. As bombas desse tipo são acionadas conforme a necessidade, como acontece com o compressor no circuito do ar-condicionado, permitindo a manutenção da temperatura de operação ideal.

Kit de correia dentada com bomba do líquido de refrigeração

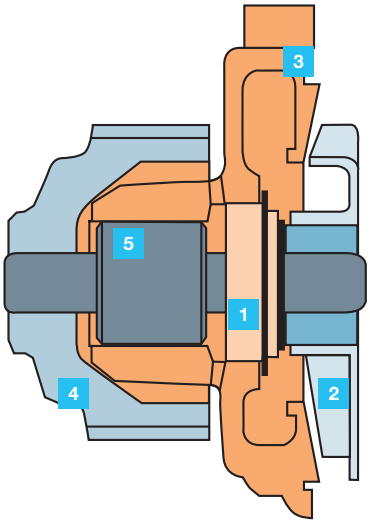
1 Vedação mecânica axial

2 Rotor

3 Carcaça

4 Roda motriz

5 Rolamento



As bombas do líquido de refrigeração têm cinco módulos principais

A roda motriz e o rotor ficam montados em um mesmo eixo. Uma vedação mecânica sela o eixo da bomba por fora. O movimento rotativo do rotor transporta o líquido de refrigeração pelo seu circuito.

A vida útil de uma bomba do líquido de refrigeração é altamente influenciada pelos seguintes fatores:

- Montagem correta
- Revisão e manutenção do sistema de refrigeração
- Qualidade do líquido de refrigeração
- Condição e funcionalidade da correia de acionamento e dos componentes auxiliares conectados

Bomba elétrica do líquido de refrigeração

Bombas elétricas do líquido de refrigeração

Bombas mecânicas do líquido de refrigeração, que são acionadas diretamente pelo motor, bombeiam continuamente o líquido de refrigeração enquanto o motor está ligado, mesmo quando não há necessidade de refrigeração. Já as bombas elétricas do líquido de refrigeração, com controle eletrônico integrado, são ativadas com intensidade variável, dependendo da potência de refrigeração necessária no momento. Elas podem ser usadas como bombas principais, secundárias ou de circulação e operam conforme a necessidade, de maneira independente do motor.

No arranque a frio, a bomba elétrica do líquido de refrigeração inicialmente não bombeia líquido de refrigeração. Isso permite que o motor atinja mais rápido a sua temperatura de operação. Mesmo em ponto morto ou após desligar o motor, a bomba elétrica do líquido de refrigeração consegue gerar potência de refrigeração suficiente, pois não está vinculada às rotações do motor. Esse resfriamento com base na necessidade do motor reduz a potência necessária, assim diminuindo o desgaste por atrito e o consumo de combustível. Sendo assim, as bombas elétricas do líquido de refrigeração contribuem para a redução de emissões nos sistemas de refrigeração modernos.

Outra vantagem é que as bombas elétricas do líquido de refrigeração podem ser instaladas individualmente, fora do motor. Elas são relativamente leves e, graças ao seu design sem escovas, não exigem manutenção. A uma tensão de operação de 12 a 360 volts, hoje elas atingem 15 a 1.000 watts de potência. O motor elétrico da bomba é resfriado pelo líquido de refrigeração. O controle variável é feito por sinal modulado por largura de pulso (PWM). Assim, o volume bombeado pode ser controlado de maneira independente das rotações do motor, de acordo com a demanda real, enquanto a temperatura do líquido de refrigeração é mantida constante conforme exigido pelo sistema. Se forem integradas ao sistema elétrico de bordo, as bombas elétricas do líquido de refrigeração também podem ser diagnosticadas. Dependendo do modo de tração (motor de combustão, híbrido, elétrico) e do sistema, uma ou mais bombas podem instaladas no veículo.

Bomba elétrica do líquido de refrigeração para BMW

Bombas elétricas do líquido de refrigeração têm diversas aplicações:

- Refrigeração do motor
- Refrigeração do ar de admissão
- Refrigeração da recirculação de gases de escape
- Refrigeração do sistema de propulsão e da bateria em veículos híbridos e elétricos
- Refrigeração da transmissão
- Refrigeração de diversos propulsores secundários

Trocador de calor da cabine

Trocadores de calor da cabine

Os trocadores de calor geram calor que é transportado para o interior do veículo na corrente de ar do ventilador. Quando o veículo tem ar-condicionado, como a maioria dos veículos hoje em dia, o sistema de controle da climatização produz uma mistura de ar frio e quente. Aqui somam-se todos os três fatores: calor, frio e o controle correspondente = climatização da cabine do veículo.

Trocador de calor totalmente de alumínio

Características de um trocador de calor totalmente de alumínio:

- Totalmente reciclável
- Garante a temperatura desejada da cabine
- Trocador de calor soldado com estrutura totalmente de alumínio
- Menor exigência de espaço na cabine do veículo
- Alta potência de aquecimento
- Tampas nas extremidades soldadas em vez de grampeadas
- Instalado na caixa de aquecimento
- Sistema de tubos e aletas
- Painéis nervurados nas aletas aumentam o desempenho
- Última geração, como no radiador: corpo totalmente em alumínio

Ventiladores do motor

O ventilador do motor serve para transportar o ar ambiente pelo radiador e pelo motor. Ele é acionado pela correia em V ou, nos ventiladores elétricos, por um motor controlado eletricamente. O ventilador Visco® é usado principalmente em veículos comerciais, mas também é encontrado em veículos de passeio. O ventilador do motor garante um fluxo de ar com volume suficiente para resfriar o líquido de refrigeração. No ventilador movido a correia em V, o volume de ar depende das rotações do motor. Ele difere da ventoinha do condensador por ser acionado continuamente. O ventilador Visco® é controlado pela temperatura de operação.

Ventiladores Visco®

Modo de funcionamento

Ponto de acionamento total a aprox. 80°C. Abastecido com óleo de silicone como fluido de acionamento (30 a 50 ml), ativado por bimetal e acionado pelo pino de pressão.

Histórico

Como dispositivo rígido (permanentemente acionado), requer grande quantidade de energia (cavalos-vapor), é ruidoso e tem alto consumo. Já os ventiladores elétricos (veículos de passeio) são mais econômicos no consumo, mais silenciosos e requerem menos energia. O objetivo do seu desenvolvimento foi a redução de consumo e ruído – p. ex., para este último, com o uso de ventiladores blindados.

O aperfeiçoamento contínuo resultou no acoplamento eletrônico Visco®, com as seguintes propriedades:

- Controle com gradação contínua
- Controle via sensores
- O regulador processa dados, como líquido de refrigeração, óleo, ar de admissão, rotações do motor, retardador, condições climáticas

O resultado é uma refrigeração sob demanda, com melhores níveis de temperatura do líquido de refrigeração, redução do ruído e menor consumo de combustível. Nos veículos de passeio, os ventiladores antigamente eram de duas peças, com o acoplamento Visco® e a hélice aparafusados juntos. Hoje eles são laminados, e por isso não mais reparáveis.

Há cerca de 50 anos, a BEHR desenvolveu o ventilador Visco® e registrou a marca Visco®. Desde a aquisição majoritária da BEHR pela MAHLE e a transferência dos direitos de marca, os produtos Visco® são produzidos e comercializados sob a marca MAHLE. Apenas os ventiladores e acoplamentos desse tipo produzidos pela MAHLE podem ser comercializados com o nome Visco®.

Ventilador Visco® completo (acoplamento e hélice)

Acoplamento Visco®

Acoplamento eletrônico Visco®

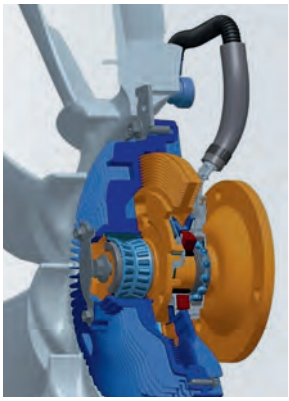
O disco primário e o eixo flangeado transmitem a força do motor, ao qual o ventilador também está firmemente conectado. O óleo de silicone em circulação transmite a potência entre os dois módulos de componentes. A alavanca da válvula controla o circuito do óleo entre as câmaras de reservatório e de trabalho.

O fluxo do óleo de silicone da câmara de reservatório à câmara de trabalho e vice-versa ocorre entre dois orifícios: o orifício de retorno no casco e o orifício de alimentação no disco primário.

A alavanca da válvula controla a gestão do motor por impulsos enviados ao módulo magnético. O sensor Hall detecta a velocidade atual do ventilador e a informa à gestão do motor. Um regulador envia uma corrente pulsada de controle ao módulo magnético que controla a alavanca da válvula, que, por sua vez, controla o fluxo e a quantidade de óleo. Quanto mais óleo de silicone há na câmara de trabalho, maior é a velocidade do ventilador. Quando a câmara de trabalho está vazia, o ventilador fica inativo, com escorregamento de aprox. 5% no acionamento.

Acoplamento Visco®

Direção do ar na hélice



Acoplamento Visco® controlado eletronicamente com ventilador

Ventilador elétrico do radiador com moldura

Ventiladores elétricos do radiador

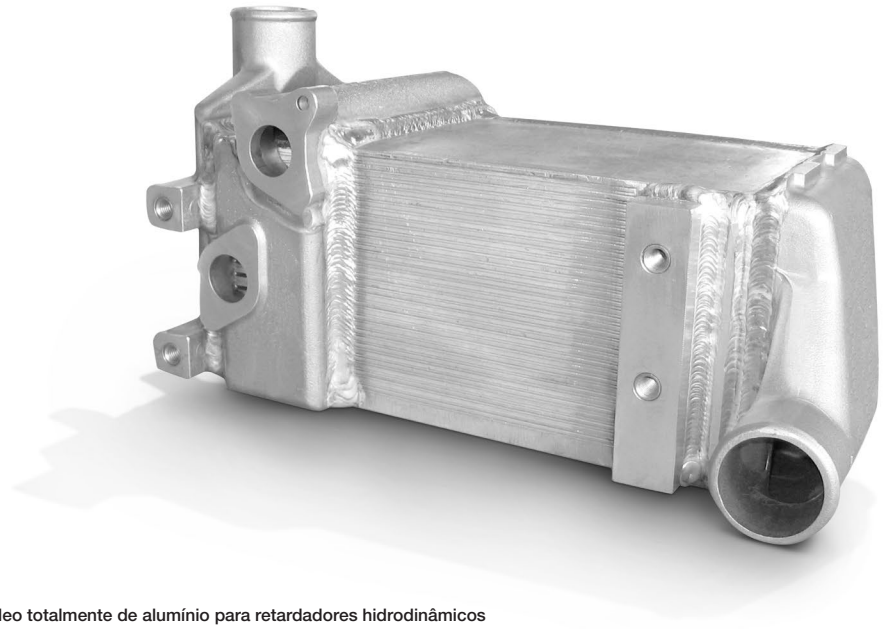
Em veículos de passeio, normalmente são usados ventiladores elétricos. Eles geralmente são usados como ventiladores de aspiração, mas às vezes também como ventiladores de pressão. Quando o ventilador está em funcionamento, um fluxo maior de ar passa pelo radiador do motor, garantindo controle de temperatura ideal do líquido de refrigeração em todas as condições de funcionamento do veículo. Na parte dianteira do veículo, também costuma haver outros resfriadores (p. ex., de ar de admissão, direção, combustível, condensador), cujos fluidos (ar, óleo, combustível, agente refrigerante) também são resfriados por ventiladores elétricos.

O controle do ventilador ou dos ventiladores (em caso de ventilador duplo) é feito por interruptores de pressão ou de temperatura, ou por uma unidade de controle. Dessa maneira, a velocidade do ventilador pode ser controlada em níveis (interruptor) ou em gradação contínua (controle por largura de pulso), conforme as condições de funcionamento. Nos ventiladores com controle eletrônico, a unidade de controle geralmente fica próxima à unidade do ventilador. Usando um equipamento de diagnóstico/osciloscópio, é possível fazer a leitura da memória de erros ou verificar a função de controle.

As causas de panes podem ser danos mecânicos (colisões, danos nos mancais, pá diretriz quebrada) e falhas elétricas (falhas de contato, curtos-circuitos, defeitos no interruptor/unidade de controle).

Os ventiladores elétricos do radiador geralmente são instalados em molduras, que têm a função de conduzir o ar que flui pelo radiador até o ventilador, com direcionamento direto e perda mínima de fluxo. Por isso, a moldura do ventilador é instalada o mais próxima possível do radiador.

Outros sistemas de refrigeração



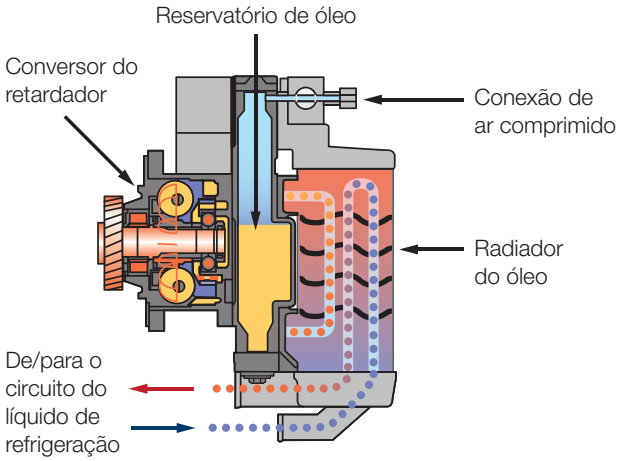
Radiador de óleo totalmente de alumínio para retardadores hidrodinâmicos

Radiadores de óleo para motor, transmissão e retardadores hidrodinâmicos

A refrigeração e o aquecimento mais rápido do óleo do motor e da transmissão (p. ex., transmissão automática, retardador) são garantidos por radiadores embutidos ou instalados (motor ou transmissão) no tanque de água. Os dois principais tipos são radiadores de óleo de tubo ou de disco, com estrutura de aço ou totalmente de alumínio.

Vantagens:

- Refrigeração de óleos de alta carga térmica
- Maior intervalo para troca de óleo e aumento da vida útil do motor
- Ocupam menos espaço e pesam menos, por serem totalmente de alumínio
- Design compacto graças a potentes discos empilhados para refrigeração de superfícies em grande escala



Retardador com radiador de óleo embutido

Radiador da direção hidráulica

Radiador de combustível

Refrigeração da direção hidráulica

O óleo da direção hidráulica também precisa ser refrigerado para que não perca sua eficiência, deixando a direção pesada ou leve demais.

Propriedades:

- Totalmente de alumínio, com conexões de engate rápido
- Pressão de mais de 8 bars com temperatura de entrada de óleo de –40°C a +160°C
- Pressão de teste de 20 bars com pressão de ruptura de 50 bars

Refrigeração de combustível

A refrigeração de combustível é usada principalmente em motores a diesel. O combustível é refrigerado para reduzir a temperatura de entrada no injetor da bomba ou conduto comum (Common Rail). Caso contrário, a alta pressão elevaria excessivamente a temperatura do combustível, prejudicando o desempenho do motor devido à combustão prematura na câmara de combustão.

Resfriador do ar de admissão

Refrigeração do ar de admissão

As tendências de elevação do desempenho do motor e redução do seu tamanho estão levando a um aumento do número de veículos de passeio com motores turbocarregados. Isso significa que os motores de hoje geralmente são turbocarregados com ar de admissão resfriado. A maior densidade do ar de admissão atingida com esse processo aumenta o desempenho e a eficiência do motor. Mas não só o número de motores turbocarregados está crescendo, como também a demanda por potência de resfriamento de ar turbocarregado, motivada pela necessidade de redução constante de consumo e emissões. Essa demanda pode ser suprida com o resfriamento do ar de admissão por líquido de refrigeração em vez de ar. Mas até hoje, devido aos custos do sistema, essa tecnologia vem se mantendo restrita aos veículos de passeio de preço superior. Novos desenvolvimentos também estão tornando possível controlar a refrigeração do ar de admissão. Isso viabiliza reduzir as emissões de NO_x e de HC, também elevando a eficácia do pós-tratamento dos gases de escape. Além de melhorar a potência de resfriamento, há outra exigência do sistema de refrigeração do ar de admissão: controlar a temperatura do ar processado no motor regulando a refrigeração do ar de admissão. Esse controle de temperatura torna-se necessário devido às demandas crescentes de pós-tratamento dos gases de escape, em que a temperatura do ar de admissão desempenha um papel importante. Portanto, a refrigeração do ar de admissão com líquido de refrigeração também apresenta vantagens decisivas para veículos comerciais.

Tipos:

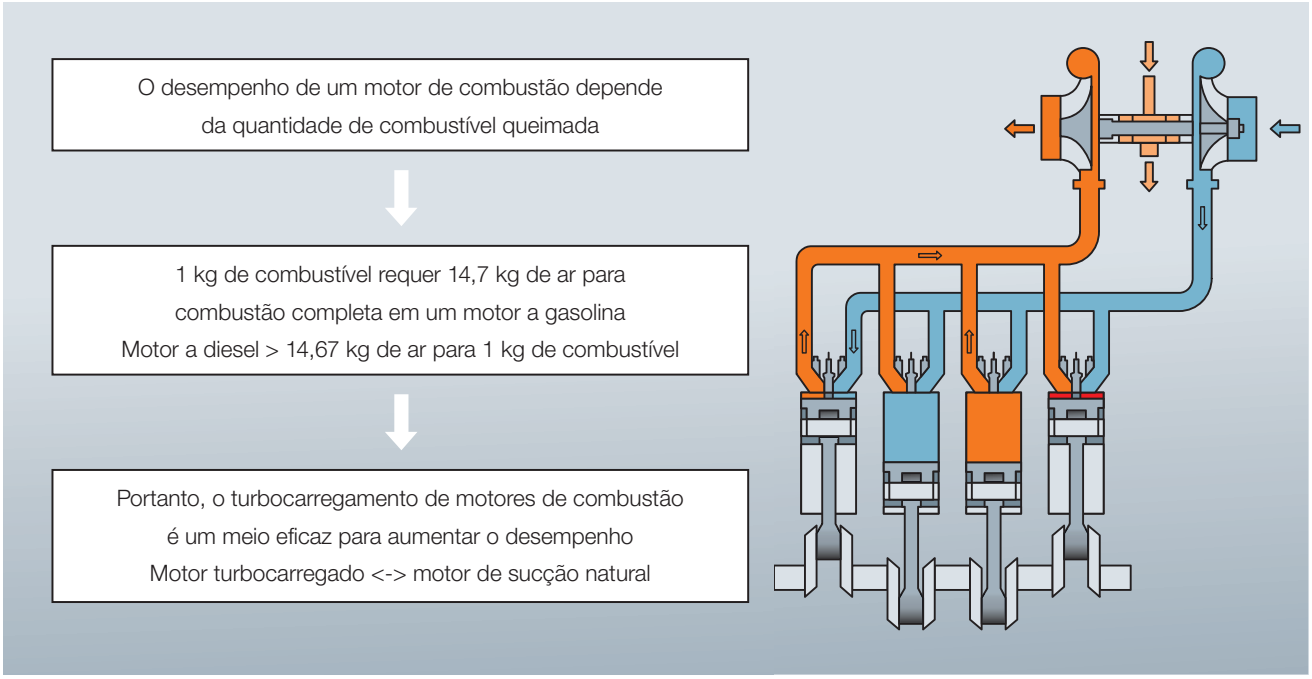
Resfriado por ar ou líquido de refrigeração, em processo direto ou indireto.

Tarefa:

Aumentar o desempenho do motor por carregamento (mais ar de combustão, maior teor de oxigênio).

Propriedades:

- Maior potência de refrigeração dinâmica
- Maior eficiência do motor devido ao aumento da densidade do ar de admissão
- Menor temperatura de combustão, resultando em melhores valores de emissões
- Menos óxido de nitrogênio de –40°C a +160°C
- Pressão de teste de 20 bars com pressão de ruptura de 50 bars



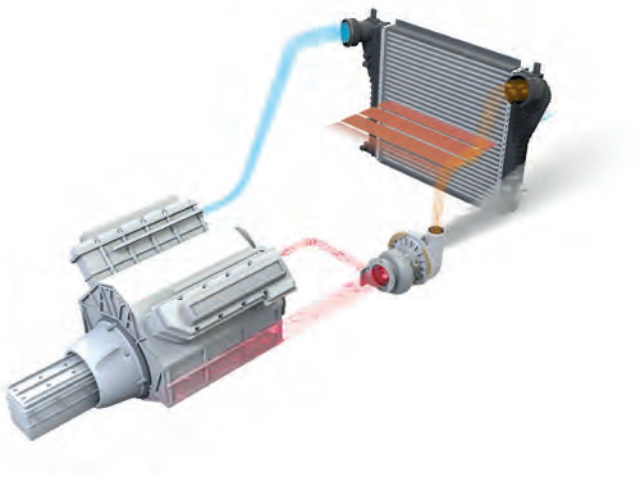
Turbocarregamento de gases de escape

Noções básicas: turbocarregamento de gases de escape

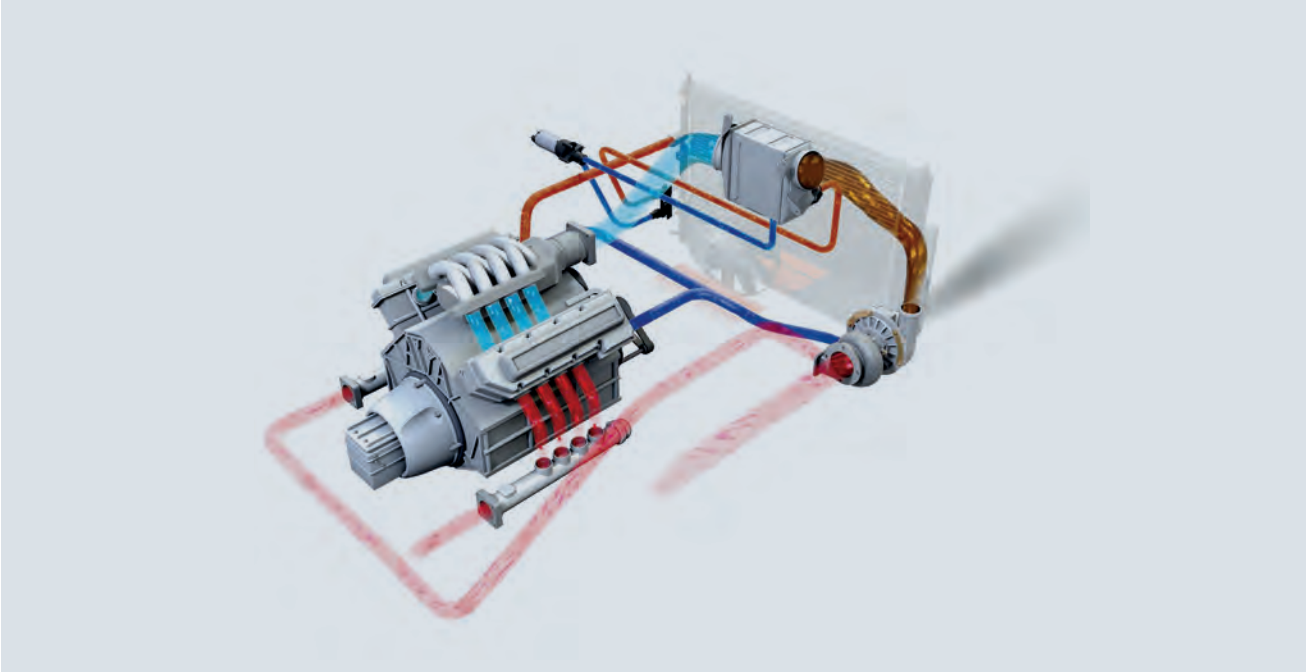
O desempenho de um motor de combustão depende da quantidade de combustível queimada. 1 kg de combustível requer 14,7 kg de ar para combustão completa em um motor a gasolina – essa é a chamada proporção estequiométrica. O turbocarregamento de motores de combustão é um meio eficaz para aumentar o desempenho.

Requisitos: aumento da potência de refrigeração

Em veículos de passeio, a demanda crescente por potência de refrigeração entra em conflito com o espaço cada vez mais restrito para instalação na dianteira do automóvel. Os resfriadores compactos do ar de admissão ainda dominam o mercado atual. Uma solução para o problema da profundidade reduzida para instalação é, em vez de resfriadores compactos, usar resfriadores planos maiores, instalados na frente do radiador, como é padrão nos veículos comerciais pesados. Por isso, o uso dessa configuração vem se difundindo. Mas isso não é possível em muitos veículos, pois neles o espaço necessário já foi alocado ou não está disponível devido a outras demandas – como de mecanismos de proteção de pedestres. O conflito entre o espaço disponível e a necessidade de potência pode ser solucionado com dois novos sistemas: pré-refrigeração do ar de admissão e refrigeração indireta do ar de admissão.



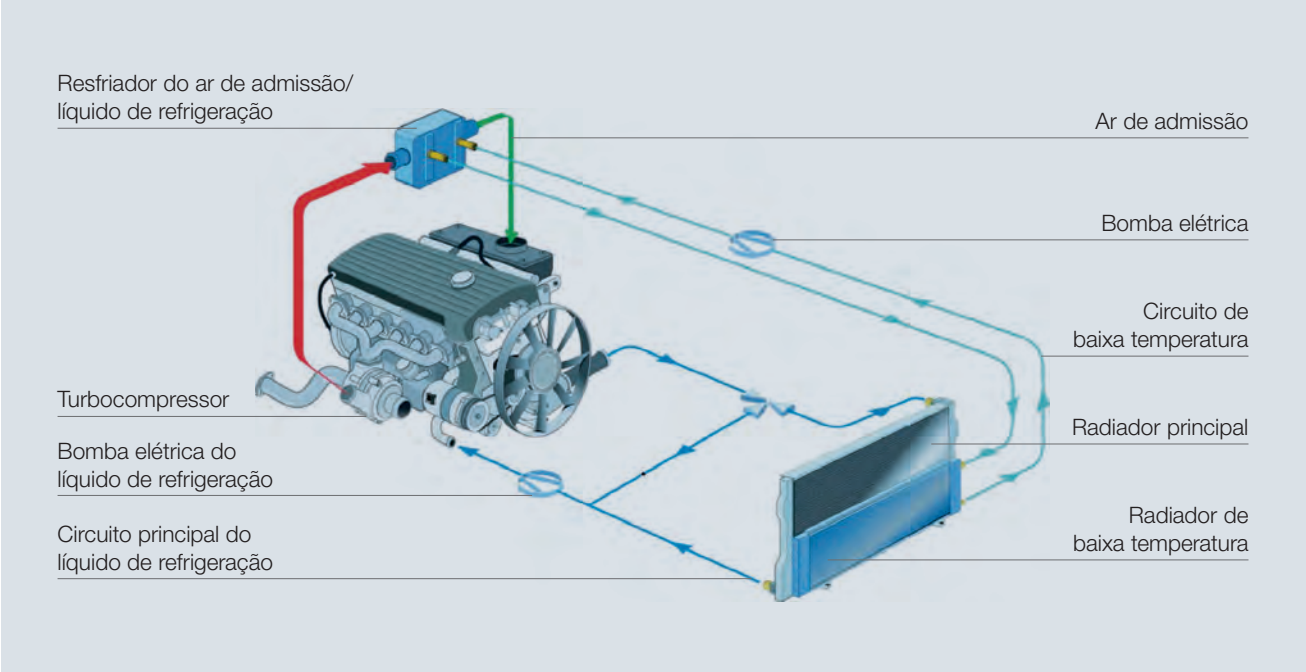
Fluxo do ar de admissão na refrigeração direta de ar/ar de admissão (exemplo)



Circulação do ar de admissão na refrigeração direta de ar de admissão/líquido de refrigeração (exemplo)

Pré-resfriador do ar de admissão

Utilizando o novo pré-resfriador do ar de admissão, que é alimentado com líquido de refrigeração do circuito do motor, parte do calor residual do ar de admissão é transferido do resfriador para o radiador. Como o calor adicional do ar de admissão, que é produzido graças ao aumento da potência, pode ser dissipado pelo pré-resfriador, é possível preservar o conceito de um resfriador do ar de admissão em formato de bloco. O pré-resfriador do ar de admissão, que também é um radiador compacto, é instalado entre o turbocompressor e o resfriador de ar/ar de admissão. Graças ao pré-resfriamento do ar de admissão, é possível elevar significativamente a potência do conceito existente. O espaço exigido para instalação de um resfriador de ar de admissão/líquido de refrigeração corresponde a 40 a 60% de um resfriador de ar/ar de admissão.



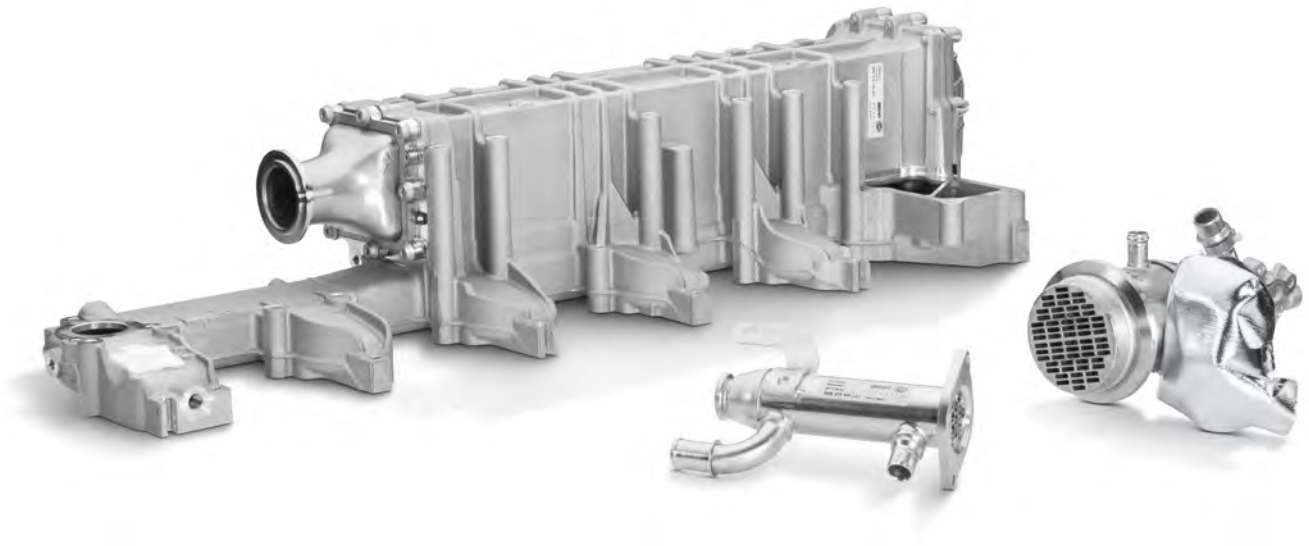
Circuito do líquido de refrigeração na refrigeração indireta do ar de admissão

Refrigeração indireta do ar de admissão

A segunda possibilidade para solucionar o conflito entre espaço para instalação e requisitos de potência é utilizar a refrigeração indireta do ar de admissão. Nos veículos de passeio, esse sistema de refrigeração geralmente consiste em um circuito completo do líquido de refrigeração, independente do circuito de refrigeração do motor. Um radiador de baixa temperatura e um resfriador do ar de admissão ficam incorporados a esse circuito. O calor residual do ar de admissão primeiro se transfere ao líquido de refrigeração, e depois é liberado para o ar ambiente no radiador de baixa temperatura. Esse radiador fica instalado na parte dianteira do veículo, onde se encontra o resfriador de ar/ar de admissão nos sistemas convencionais de refrigeração do ar de admissão resfriados por ar. Como o radiador de baixa temperatura ocupa muito menos espaço que um resfriador de ar/ar de admissão equivalente, libera-se espaço na parte dianteira. Além disso, deixam de ser necessárias as volumosas tubulações de ar de admissão da frente do veículo até o motor. Isso simplifica significativamente a configuração na dianteira, melhorando o fluxo de ar frio que passa pelo compartimento do motor.

Em comparação com a pré-refrigeração do ar de admissão (direta), a refrigeração indireta do ar de admissão tem os seguintes efeitos positivos:

- Redução significativa da perda de pressão do ar de admissão
- Melhor dinâmica do motor, graças ao volume mais baixo de ar de admissão
- Maior potência de refrigeração dinâmica
- Maior eficiência do motor devido ao aumento da densidade do ar de admissão



Resfriadores EGR de diferentes formatos

Resfriador de recirculação de gases de escape (EGR)

Uma solução possível para cumprir os limites da norma Euro 6 para emissões de óxido de nitrogênio (NO_x) é a recirculação refrigerada de gases de escape (EGR). Isso exige extrair parte do fluxo principal de exaustão entre o coletor de escape e o turbocompressor, resfriando-o em um trocador de calor especial (resfriador EGR) e devolvendo-o ao fluxo de ar de admissão. Isso reduz a temperatura de combustão no motor, assim como a formação de óxidos de nitrogênio.

Resfriador EGR

O resfriador EGR é feito de aço inoxidável ou alumínio e possui várias conexões, por onde entram tanto gases de escape quentes quanto líquido de refrigeração. Depois de serem refrigerados no resfriador, os gases de escape são conduzidos em quantidade controlada até o sistema de admissão, chegando à câmara de combustão. Isso reduz as emissões de óxido de nitrogênio antes ainda de chegarem ao catalisador. No resfriador EGR estão instalados atuadores pneumáticos e/ou elétricos, que se encarregam do controle.

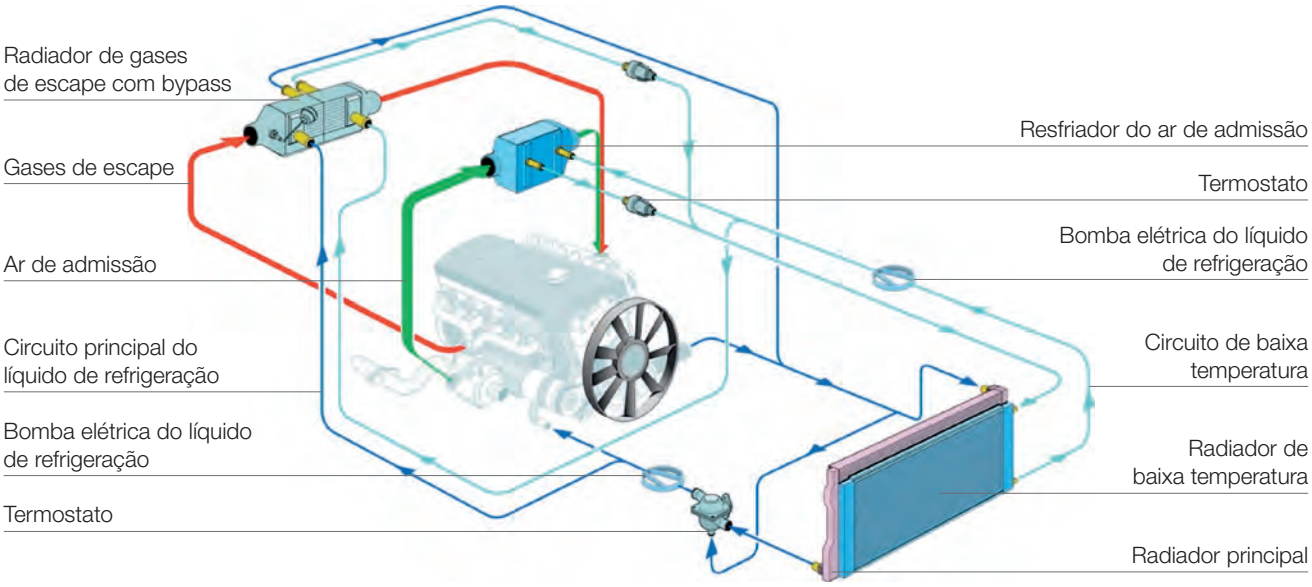
Embora o resfriador EGR não seja tipicamente uma peça de desgaste, podem ocorrer alguns defeitos causados, por exemplo, por oscilações extremas de temperatura ou aditivos agressivos ou insuficientes no líquido de refrigeração, que podem ocasionar vazamentos internos ou externos. Além disso, também podem ocorrer falhas nos atuadores.

Ar de admissão e gestão de temperatura

Controle de temperatura do ar para o processo de combustão no motor

Após um arranque a frio e em temperaturas externas extremamente baixas durante a condução, é recomendável suspender a refrigeração do ar de admissão. Assim o motor e o catalisador atingem mais rápido a sua temperatura ideal de operação, resultando em menos emissões de arranque a frio, principalmente de hidrocarbonetos (HC). Com um resfriador de ar/ar de admissão, isso só é possível fazendo um dispendioso bypass no lado do ar de admissão. Já na refrigeração indireta do ar de admissão, um controle simples do volume de fluxo do líquido de refrigeração permite não só suspender a refrigeração do ar de admissão, como também controlar sua temperatura. Conectando o circuito do líquido de refrigeração para resfriamento do ar de admissão com o circuito de refrigeração do motor e fazendo um controle inteligente do fluxo de líquido de refrigeração, a refrigeração indireta do ar de admissão pode assumir também o controle de temperatura do ar de admissão. Para isso, o líquido de refrigeração quente do circuito do motor ou o líquido de refrigeração comparativamente mais frio do circuito de baixa temperatura podem fluir pelo resfriador do ar de admissão.

O controle da temperatura do ar de admissão é importante para o pós-tratamento dos gases de escape por filtros de partículas e catalisadores. Ambos requerem uma certa temperatura mínima dos gases de escape para operação ideal. No caso do catalisador, essa temperatura mínima é idêntica à sua temperatura de partida; já no caso do filtro de partículas, é idêntica à temperatura de regeneração necessária para a combustão da fuligem acumulada. Quando o veículo está em operação de carga parcial (tráfego urbano, andando e parando), essas temperaturas dos gases de escape nem sempre são atingidas. Mesmo nesses casos, as emissões podem ser reduzidas com a interrupção da refrigeração ou até com o aquecimento do ar de admissão, pois ambos aumentam a temperatura dos gases de escape. A refrigeração indireta do ar de admissão é o meio mais fácil para executar ambas as opções.



Subsistemas da gestão de temperatura do ar de admissão (ATM)

Refrigeração indireta do ar de admissão

A refrigeração do ar de admissão eleva a densidade do ar no cilindro e reduz a temperatura de combustão. Na ATM, o ar de admissão não é resfriado por ar como de costume, mas sim por um líquido de refrigeração – uma mistura de água e glicol como a que é utilizada para a refrigeração do motor. O calor residual do ar de admissão primeiro se transfere ao líquido de refrigeração, e depois é liberado para o ar ambiente em um radiador de líquido de refrigeração de baixa temperatura.

Vantagens da refrigeração indireta do ar de admissão:

- Maior potência de refrigeração que com o resfriamento convencional do ar/ar de admissão
- Maior eficiência volumétrica do cilindro, devido à menor perda de pressão do ar de admissão
- Menor tempo de resposta do resfriador do ar de admissão, graças à sua posição próxima ao motor

Recirculação refrigerada de gases de escape

Esse processo causa uma redução da concentração de oxigênio no cilindro, reduzindo a temperatura e a velocidade da combustão. A gestão de temperatura do ar de admissão (ATM) é adequada para a recirculação de gases de escape de alta e de baixa pressão. Na recirculação de gases de escape de alta pressão, o gás de escape é extraído antes do turbocompressor, resfriado no radiador de gases de escape e então misturado ao ar de admissão. Se a temperatura do ar de admissão precisa ser elevada para melhorar o pós-tratamento dos gases de escape, o radiador de gases de escape é desviado por um bypass. A recirculação de gases de escape de baixa pressão é uma opção para o futuro. Nesse processo, diferente da recirculação de alta pressão, o gás não é extraído antes, mas depois do turbocompressor de gases de escape e também do filtro de partículas. A seguir, ele é resfriado e misturado ao ar de admissão antes do compressor do turbocompressor.

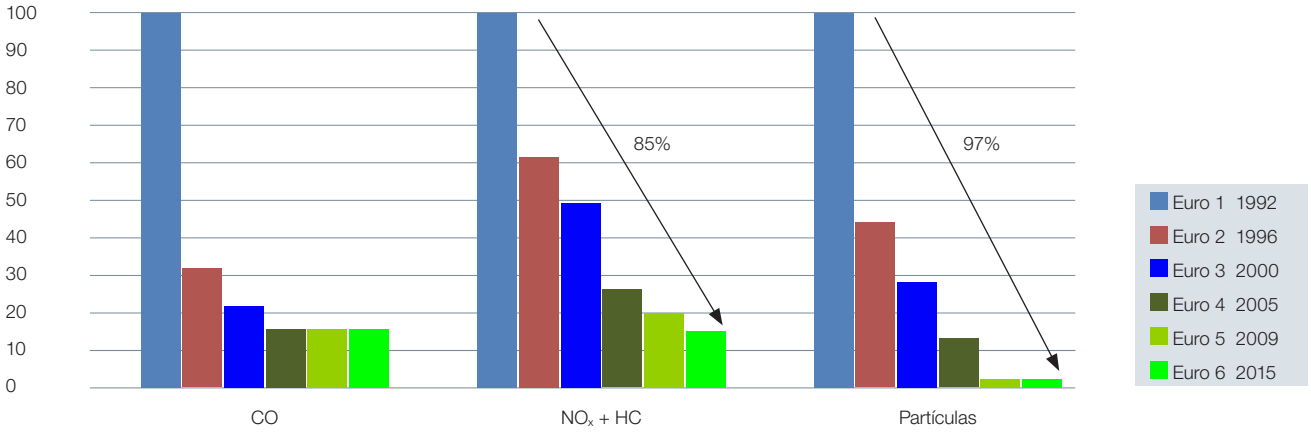
Aquecimento do ar de admissão

Com a ATM, o ar de admissão pode ser aquecido de quatro maneiras: suspendendo a refrigeração do ar de admissão ou dos gases de escape, suspendendo ambos ao mesmo tempo ou esquentando o ar de admissão. Para o aquecimento, um fluxo parcial de líquido de refrigeração aquecido é desviado do circuito de refrigeração do motor e conduzido ao resfriador do ar de admissão. Ao testar um módulo diesel de 2 litros em uma bancada de testes de motor, com uma pressão efetiva média de 2 bars, as temperaturas dos gases de escape foram medidas após a turbina. Essas medições foram obtidas pela variação das temperaturas do ar de admissão conforme as possibilidades descritas acima. Ao suspender a refrigeração do ar de admissão, foi observada a menor elevação de temperatura dos gases de escape, de aprox. 6°C. Ao aquecer o ar de admissão com o líquido de refrigeração do motor com temperatura de aprox. 85°C (temperatura do termostato), a temperatura dos gases de escape após a turbina subiu aprox. 16°C. O potencial máximo estimado obtido desse aquecimento é de cerca de 20°C. O maior aumento, de aprox. 57°C, resultou da interrupção da refrigeração dos gases de escape (radiador comutável de gases de escape). Combinando esse processo ao aquecimento do ar de admissão, a temperatura dos gases de escape pode ser elevada em mais de 70°C. Com uma pressão efetiva média de 4 bars, é possível elevá-la em cerca de 110°C.

Norma Euro 6 e sua importância

Para veículos de passeio a diesel, a norma Euro 6 exige outra redução significativa de emissões em relação à Euro 4 e à Euro 5, de hidrocarbonetos (HC), óxidos de nitrogênio (NO_x) e partículas. Para atingir essas metas, o controle de temperatura do ar de admissão do motor é cada vez mais importante. A gestão de temperatura do ar de admissão (ATM) desenvolvida pela MAHLE reduz as emissões no ponto de origem, ajudando no pós-tratamento dos gases de escape e facilitando a regeneração do filtro de partículas. Além disso, graças às sinergias entre os subsistemas da ATM, é necessária menor potência instalada de refrigeração que nos sistemas atuais, economizando combustível e espaço na instalação.

Emissões de gases de escape em veículos de passeio a diesel



Princípio de funcionamento da gestão de temperatura do ar de admissão (ATM)

A ATM é formada por três subsistemas: refrigeração indireta do ar de admissão, recirculação refrigerada de gases de escape e refrigeração do motor. Esses subsistemas são interligados e controlados de maneira a poder resfriar e aquecer o ar de admissão e também subir e baixar a temperatura de combustão. A redução de temperatura ocorre por meio do resfriamento do ar de admissão e dos gases de escape, além da adição do máximo possível de gases de escape ao ar de admissão conforme o estado de carga do motor, e da redução correspondente da concentração de oxigênio no cilindro. Para aumentar a temperatura de combustão, a refrigeração do ar de admissão e dos gases de escape é interrompida, também com a possibilidade de aquecer o ar de admissão.

Redução das emissões

NO_x: como a formação de NO_x depende exponencialmente da temperatura de combustão, a queda dessa temperatura resulta em uma redução acentuada de NO_x: aprox. 10% a cada 10°C de queda, com redução de 0,5 a 1% no consumo de combustível. HC e CO: no arranque a frio, a temperatura de combustão geralmente ainda está baixa, a combustão é incompleta e, consequentemente, a formação de HC e CO é alta. Como o catalisador de oxidação ainda não atingiu sua temperatura de operação nessa fase, emissões são produzidas. Em determinadas situações (tráfego urbano no inverno, andando e parando), a temperatura de combustão e a do catalisador também podem cair a ponto de produzir emissões de HC e CO, mesmo durante a condução normal. Em ambos os casos, o aumento rápido da temperatura de combustão e, com isso, da temperatura dos gases de escape causado pela ATM reduzem a produção de HC e CO, provocando sua conversão no catalisador. A elevação da temperatura é causada pela interrupção da refrigeração dos gases de escape. Para esse fim, o radiador de gases de escape é equipado com um mecanismo integrado de bypass e uma válvula de controle. Medições em um motor a diesel turbocarregado de 1,9 litros em um dinamômetro de rolo apontaram uma redução de cerca de 30% das emissões de HC e CO no arranque a frio.

Regeneração do filtro de partículas

Quando o filtro de partículas está cheio, a fuligem acumulada precisa ser queimada. Também para isso, o sistema de ATM precisa elevar a temperatura dos gases de escape, que geralmente fica abaixo da temperatura de ignição de fuligem de 550°C. Mas a combustão de fuligem também pode ser iniciada pela redução da temperatura de ignição de fuligem – p. ex., por meio de um aditivo de combustível. Uma combinação dos dois processos – elevação da temperatura dos gases de escape e redução da temperatura de ignição de fuligem – tem algumas vantagens: a quantidade de aditivo pode ser reduzida e o sistema de dosagem pode ser simplificado. Mas se a elevação de temperatura gerada pela ATM é associada a pós-injeção, geralmente não é necessário um sistema adicional para regeneração do filtro.

Economia de energia

Dependendo da carga do motor, varia a quantidade de calor acumulada no resfriador do ar de admissão e no radiador de gases de escape. Sob carga parcial, em que o percentual de recirculação de gases de escape pode ultrapassar 50%, é necessário mais líquido de refrigeração no radiador de gases de escape que no resfriador do ar de admissão. Em alguns pontos de carga parcial, p. ex. a 50 km/h em terreno plano, a refrigeração do ar de admissão pode ser totalmente dispensada, com a potência total de refrigeração gerada pelo radiador de gases de escape. Já sob carga total, é preciso utilizar praticamente a potência total para a refrigeração do ar de admissão. Com essa distribuição dos fluxos de líquido de refrigeração com base na demanda, é possível reduzir consideravelmente a capacidade instalada de refrigeração e o espaço ocupado – p. ex. em até 10% da chapa frontal do radiador.

Gestão de temperatura da bateria em veículos híbridos

Em baterias de maior capacidade, o controle adequado da temperatura tem importância central. Por isso, em caso de temperaturas muito baixas, é necessário um aquecedor adicional para a bateria, para mantê-la na faixa de temperatura ideal. Somente assim é possível atingir uma autonomia satisfatória no modo de direção elétrica.

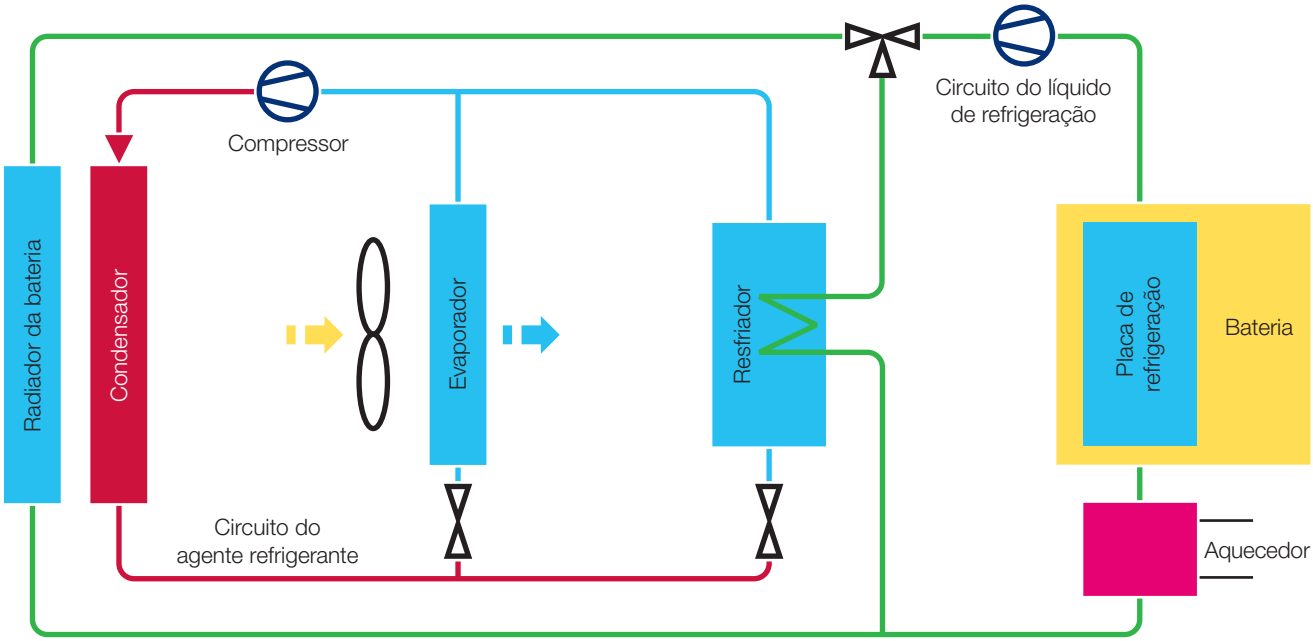
Para esse aquecimento adicional, a bateria é integrada a um circuito secundário. Esse circuito garante que a temperatura de operação ideal de 15°C a 30°C seja permanentemente mantida.

No bloco da bateria, é instalada uma placa de refrigeração onde circula o líquido de refrigeração, composto de água e glicol (circuito verde). Em temperaturas baixas, o líquido de refrigeração pode ser rapidamente esquentado por um aquecedor para atingir a temperatura ideal. Se a temperatura da bateria sobe durante o uso das funções híbridas, o aquecedor é desligado. O líquido de refrigeração pode então ser resfriado pelo radiador da bateria localizado na parte frontal do veículo, usando o fluxo de ar decorrente do deslocamento do veículo.

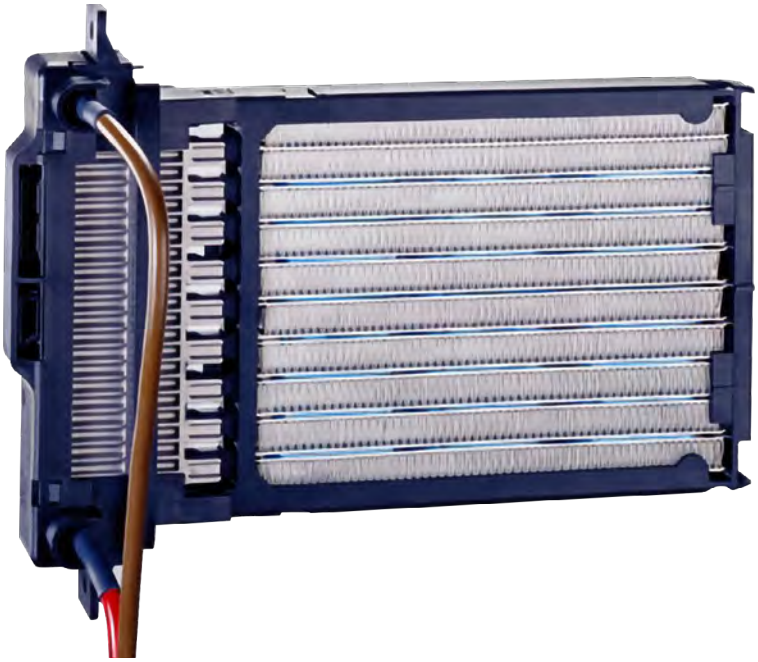
Se o resfriamento pelo radiador da bateria não é suficiente em temperaturas externas altas, o líquido de refrigeração circula por um resfriador ou um trocador de calor especial. Nele ocorre a evaporação do agente refrigerante do ar-condicionado. Além disso, o calor pode ser transmitido do circuito secundário para o agente refrigerante em processo de evaporação em um espaço muito compacto e com alta densidade de potência. Assim o líquido de refrigeração é novamente resfriado. Graças ao uso do resfriador, a bateria pode funcionar na faixa de temperatura ideal para sua eficiência máxima.

Módulo de refrigeração em veículos híbridos

Circuito baseado em líquido de refrigeração e agente refrigerante (ou resfriamento indireto da bateria)



Aquecedores auxiliares PTC



Graças à alta eficiência dos motores de injeção direta modernos, a diesel e a gasolina, o calor residual do motor não costuma bastar para aquecimento rápido da cabine em dias frios, nem para produzir temperaturas confortáveis no tráfego urbano e em congestionamentos. A segurança na direção também é prejudicada, pois os vidros podem se embaçar. Para eliminar o déficit de potência de aquecimento, a MAHLE desenvolve três tipos de aquecedores auxiliares: aquecedores auxiliares elétricos PTC e bombas de calor de CO_2 para aquecimento espontâneo do ar de entrada, além de trocadores de calor de gases de escape para aquecimento mais rápido do líquido de refrigeração. O aquecimento do líquido de refrigeração eleva a potência e a espontaneidade do sistema de aquecimento convencional, além de encurtar a fase de arranque a frio do motor. As bombas de calor trabalham com base no novo sistema de ar-condicionado de CO_2. Com os aquecedores auxiliares mencionados, é possível cumprir normas nacionais e internacionais. Os elementos PTC são resistências de cerâmica não-lineares. PTC é a sigla de Positive Temperature Coefficient, o que significa que a resistência elétrica aumenta com a temperatura do elemento. Mas não é exatamente isso que acontece, pois primeiro a resistência cai conforme a temperatura sobe. A curva característica de resistência tem característica de temperatura negativa nessa faixa. A característica de temperatura negativa só se altera para positiva quando a resistência mínima é atingida. Isso significa que, conforme a temperatura continua a subir, a resistência primeiro cai lentamente, depois cresce de forma acentuada a partir de aprox. 80°C, até que a pedra PTC não absorva mais praticamente nenhuma corrente adicional. Nesse ponto, quando não há ar fluindo pelo aquecedor PTC, a temperatura superficial da pedra PTC é de aprox. 150°C, e a da moldura metálica, aprox. 110°C.

Estrutura e funcionamento

O aquecedor PTC é composto de vários elementos de aquecimento, uma moldura de fixação, uma moldura isolante e o relé ou eletrônica de potência. Os elementos de aquecimento são compostos de pedras cerâmicas PTC, chapas de contato, terminais e aletas corrugadas de alumínio. As aletas corrugadas aumentam a superfície de liberação de calor da chapa de contato. Para aumentar a transferência de calor no lado do ar, as aletas corrugadas têm sulcos, que parecem nervuras. Graças à melhor transferência de calor, o aumento excessivo da corrente de conexão pode ser significativamente reduzido em comparação com aquecedores auxiliares com aletas corrugadas sem sulcos. Isso traz a vantagem de poder conectar fios PTC individuais com mais frequência. Por isso, o aquecedor pode ser operado com maior potência total. O know-how de tecnologia de produção para esses sulcos vem da fabricação de radiadores. O aquecedor auxiliar fica localizado no sistema de ar-condicionado, no fluxo de ar logo atrás do trocador de calor convencional, que é um trocador de calor entre líquido de refrigeração e ar.

Isso reduz ao mínimo os requisitos de espaço. No aquecedor PTC, quando as temperaturas externas estão baixas e o motor está frio, inicialmente só passa ar frio ou levemente aquecido pelo trocador de calor. A temperatura e a resistência do elemento de aquecimento são baixas, mas a potência de aquecimento é alta. Quando o aquecedor convencional responde, a temperatura do ar e a resistência sobem, e a potência de aquecimento cai de maneira correspondente. À temperatura superficial de um aquecedor PTC onde passa ar aquecido a 25°C, atinge-se um fluxo volumétrico de 480 kg de ar por hora. A rede de aquecimento atinge uma temperatura média de 50°C nessa temperatura do ar.

Potência e espontaneidade

É possível selecionar diferentes resistências nominais para a pedra PTC, alterando o consumo de corrente e a potência de maneira correspondente. Uma baixa resistência nominal permite uma alta potência de aquecimento na operação. A potência dos aquecedores PTC fica entre 1 e 2 kW. Com 2 kW, atinge-se o limite de potência da rede de 12 V (150 A a 13 V). Uma rede de bordo de 42 V permite potências mais elevadas. Como a massa é reduzida e o calor gerado eletricamente se transfere diretamente, sem desvios, para o fluxo de ar, o aquecimento PTC tem reação quase imediata. Essa alta espontaneidade é o atributo característico do aquecedor auxiliar PTC. Além disso, como o motor atinge mais rápido a temperatura de operação graças à carga adicional do gerador, o aquecimento convencional também reage mais rapidamente. Essa potência de aquecimento adicional corresponde a cerca de dois terços da potência do aquecedor PTC. Na prática, essa potência de aquecimento pode ser atribuída ao aquecedor PTC. A potência do aquecedor PTC do modelo 220 CDI da Classe E é de 1,6 kW. O aquecedor PTC é integrado diretamente após o trocador de calor convencional no módulo de aquecimento e climatização.

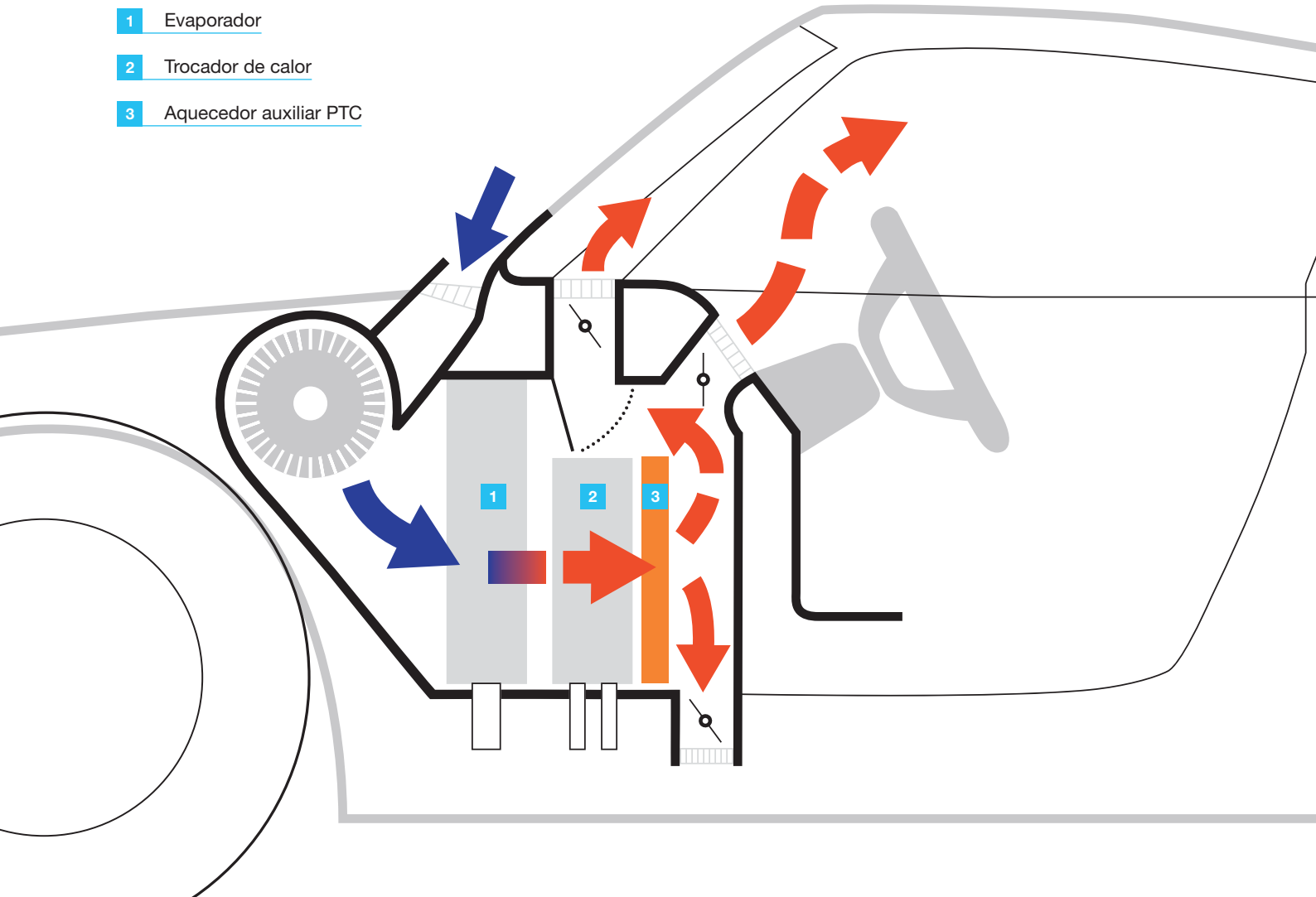
Exemplo de teste

O veículo foi resfriado durante a noite a uma temperatura de –20°C do cárter de óleo. Depois, no túnel de vento para climatização, foi conduzido por 30 minutos na terceira marcha a 32 km/h de velocidade, que é uma velocidade média realista para o tráfego urbano. Após 20 minutos, a temperatura média na cabine atingiu 18°C com aquecimento PTC, contra apenas 10°C sem. A “temperatura confortável” de 24°C foi atingida após 30 minutos com aquecedor PTC – sem ele, levou mais de 50 minutos.

1 Evaporador

2 Trocador de calor

3 Aquecedor auxiliar PTC



Segurança na operação

A curva de resistência característica das pedras PTC evita o superaquecimento do aquecedor PTC. A temperatura na superfície da moldura metálica se mantém sempre abaixo de 110°C. Além disso, nas temperaturas de saída mais altas atingidas pelo trocador de calor, a potência do aquecedor PTC é reduzida. A eletrônica de potência garante que o aquecedor PTC seja regulado para diferentes níveis ou em gradação contínua, podendo ser adaptado à potência de aquecimento necessária ou à potência elétrica disponível.

Controle

O controle do aquecedor PTC é feito por um relé externo ou por regulagem integrada com eletrônica de potência. No controle por relé, o fabricante do veículo determina quantos e quais níveis devem ser ativados. Já o sistema de controle integrado ao aquecedor auxiliar distingue entre funcionalidade mínima e alta. Na funcionalidade mínima, os níveis são ativados individualmente. A eletrônica de potência protege o aquecedor auxiliar contra sobretensão, curtos-circuitos e inversão de polaridade. Não há possibilidade de diagnóstico prevista para esse controle. O controle escalonado admite até oito níveis. No aquecedor auxiliar PTC usado na Classe E, são sete níveis. O controle ocorre em função da corrente existente e da necessidade de aquecimento, ou seja, do conforto térmico desejado. No controle com alta funcionalidade, a eletrônica de potência é regulada em gradação contínua, sem níveis predefinidos, graças ao barramento LIN ou CAN do veículo.

Dessa forma, para o aquecimento adicional, é possível aproveitar sempre de maneira ideal a corrente fornecida pela rede elétrica do veículo em cada situação. Além da proteção contra sobretensão, curtos-circuitos e inversão de polaridade, a eletrônica de potência com alta funcionalidade inclui proteção contra sobrecorrente para cada nível, proteção da placa de circuito impresso contra superaquecimento e monitoramento de tensão. O sistema de controle com alta funcionalidade pode ser diagnosticado por uma memória EPROM, permitindo o armazenamento das variantes (EPROM = erasable programmable read only memory; memória programável somente de leitura cujo conteúdo pode ser apagado).

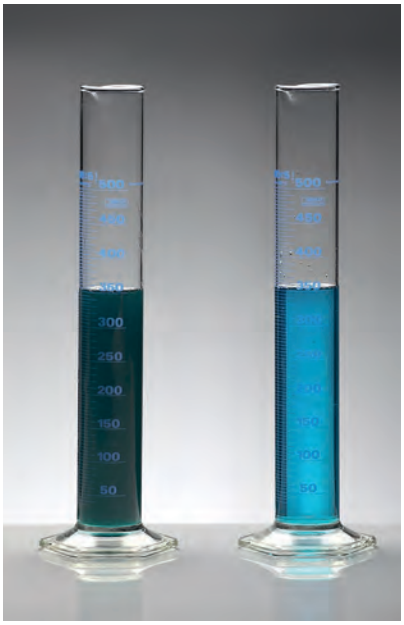
Novos desenvolvimentos

A nova geração de aquecedores auxiliares PTC diferencia-se das anteriores pelo peso reduzido, pela menor queda de pressão (que reduz a potência do ventilador) e pelos custos de produção mais baixos.

Características técnicas:

- Aquecedor auxiliar elétrico; potência 1–2 kW
- Fonte de calor: pedras cerâmicas PTC autorreguláveis; temperatura máxima de 150°C na superfície da cerâmica quando não há fluxo de ar na rede de aquecimento
- Excelente transmissão térmica graças à tecnologia de aletas corrugadas, com perda de pressão reduzida no ar de entrada
- Controle escalonado ou linear via relé ou sistema eletrônico
- Alta espontaneidade e eficiência
- Design modular permite adaptação ideal ao espaço disponível no veículo
- Segurança total de operação, sem risco aos componentes adjacentes, com limitação inerente de temperatura (característica de PTC)
- Graças à baixa perda de pressão, só requer um pequeno acréscimo na potência do ventilador

Diagnóstico, manutenção e reparos



Líquido de refrigeração usado/novo

Líquido de refrigeração e proteção contra congelamento e corrosão

Líquido de refrigeração é o termo genérico para o fluido de resfriamento presente no sistema de refrigeração. O líquido de refrigeração protege contra congelamento, ferrugem e superaquecimento, além de lubrificar. Sua tarefa é absorver o calor do motor e dissipá-lo por meio do radiador.

O líquido de refrigeração é uma mistura de água e anticongelante (glicol/etanol), com vários aditivos (princípios amargos, silicato, antioxidantes, antiespumantes) e corante. Os princípios amargos servem para evitar que o líquido de refrigeração seja ingerido acidentalmente. Os silicatos formam uma camada de proteção nas superfícies metálicas e evitam depósitos de calcário. Os antioxidantes evitam a corrosão dos componentes. Os antiespumantes evitam a formação de espuma no líquido de refrigeração. O glicol mantém as mangueiras e as vedações lubrificadas e aumenta o ponto de ebulição do líquido de refrigeração.

A proporção da mistura de água/anticongelante deve ser de 60:40 a 50:50. Isso corresponde, via de regra, a uma proteção anticongelante de –25°C a –40°C. A proporção mínima da mistura deve ser de 70:30 e a máxima, de 40:60. Mesmo aumentando mais o teor de anticongelante (p. ex., 30:70), não haveria redução adicional no ponto de congelamento. Pelo contrário: o anticongelante usado sem diluição congela a aprox. –13°C, não dissipando calor suficiente do motor em temperaturas acima de 0°C. Isso causaria superaquecimento do motor. Como o ponto de ebulição do glicol é muito alto, a proporção correta da mistura pode elevar o ponto de ebulição do líquido de refrigeração a até 135°C. Por isso, é fundamental usar uma proporção suficiente de anticongelante também em países quentes. Deve-se seguir sempre as recomendações do fabricante. Uma proporção de mistura típica pode ser de 40/60% ou 50/50%, com o uso de água inibida (qualidade de água potável).

O líquido de refrigeração e seus aditivos estão sujeitos a um certo desgaste, de modo que parte dos aditivos se “consomem” ao longo dos anos. Por exemplo, quando os aditivos anticorrosivos ficam gastos, o líquido de refrigeração fica marrom. Por essa razão, alguns fabricantes de veículos preveem um intervalo de substituição do líquido de refrigeração. No entanto, os sistemas de refrigeração dos veículos mais recentes são frequentemente abastecidos com líquidos de refrigeração do tipo Long Life (p. ex., VW G12++/G13). Nesse caso, e em condições normais (sem contaminações no sistema), a troca do líquido de refrigeração deixa de ser necessária (VW), ou deve ser feita somente após 15 anos ou 250.000 km (modelos Mercedes mais recentes). Como regra geral, o líquido de refrigeração deve ser substituído em caso de contaminação (óleo, corrosão) e em veículos que não sejam abastecidos com líquidos de refrigeração do tipo Long Life. É indispensável seguir as indicações do fabricante do veículo sobre as especificações, intervalo de troca, proporção e miscibilidade da mistura anticongelante.

O líquido de refrigeração não deve ser descartado no solo ou esgoto, nem dispensado pelo separador de óleo. É preciso coletá-lo e descartá-lo seguindo as recomendações específicas.

Manutenção do radiador

É possível fazer a limpeza com uma lavadora de pressão no nível baixo (de dentro para fora), como nos condensadores. Outra possibilidade é limpar por fora, usando ar comprimido reduzido.

Lavagem do sistema de refrigeração

Em caso de contaminação do líquido de refrigeração, é necessário drená-lo e lavar o sistema de refrigeração.

A contaminação pode ser por:

- Óleo (defeito na vedação do cabeçote)
- Ferrugem (corrosão interna do motor)
- Alumínio (corrosão interna do radiador)
- Materiais estranhos (aditivos/selantes)
- Partículas estranhas (defeito na bomba do líquido de refrigeração)

Conforme o grau de sujeira, é possível limpar o sistema de refrigeração com água morna ou com um líquido de lavagem especial. Dependendo do fabricante do veículo e dos sintomas, há diferentes procedimentos para a lavagem. Por exemplo, caso o líquido de refrigeração apresente uma coloração marrom oxidada e haja queixas sobre a potência de aquecimento, a Audi recomenda o uso de um líquido de lavagem especial. Para efetuar várias vezes o procedimento de lavagem, é preciso desinstalar o termostato e medir a potência de aquecimento antes e depois da lavagem. A Opel indica, por exemplo, para os modelos Corsa B, Vectra B e Omega B de ano modelo até 1997, que a causa de uma temperatura muito alta no motor é possivelmente uma obstrução no radiador. Nesse caso, deve-se fazer a lavagem com água morna (> 50°C) e substituir, além do radiador, todas as peças em contato com o líquido de refrigeração (trocador de calor, cabeçote etc.). Portanto, o grau de contaminação e as especificações do fabricante do veículo determinam o processo e o fluido de lavagem a serem utilizados. Em todos os casos, é importante considerar que, devido ao seu design (p. ex., de tubo plano), não é mais possível lavar todos os componentes dos sistemas modernos de refrigeração, sendo necessário trocá-los.

Isso se aplica especialmente aos seguintes componentes:

- Termostato
- Radiador
- Válvulas elétricas
- Tampa de fechamento
- Trocador de calor

Quando não é mais possível verificar o nível do líquido de refrigeração no tanque de compensação devido à sujeira (óleo, ferrugem), também é preciso trocar o tanque. O termostato e a tampa devem ser sempre substituídos. Ao utilizar produtos especiais de limpeza do sistema de refrigeração, é preciso tomar cuidado para que não danifiquem os materiais de vedação e para que não cheguem ao esgoto ou ao solo, nem sejam eliminados pelo separador de óleo. Esses produtos de limpeza devem ser coletados junto com o líquido de refrigeração e descartados de maneira específica. Após a lavagem, deve-se reabastecer o sistema com líquido de refrigeração conforme a indicação do fabricante do veículo (observar especificações e proporção da mistura), sangrar o ar e verificar vazamentos e funcionamento.

Sangramento de ar ao abastecer o sistema

A presença de ar no sistema de refrigeração dos veículos motorizados é um problema muito comum atualmente. Essas "bolhas de ar" ocorrem quando o radiador ou o tanque de compensação estão posicionados no mesmo nível do motor do veículo ou até abaixo dele. Sendo assim, fazer o sangramento de ar completo do sistema de refrigeração após concluir um reparo ou trocar o líquido de refrigeração pode ser um problema sério. O ar retido no sistema de refrigeração reduz significativamente a circulação do líquido de refrigeração e pode causar superaquecimento do motor, resultando em danos graves. Isso pode ser corrigido com uma ferramenta especial para abastecimento e sangramento do ar.

Ela permite:

- Eliminar bolhas de ar
- Procurar vazamentos
- Fazer o reabastecimento rápido do sistema de refrigeração

O Airlift é conectado ao radiador ou ao tanque de compensação usando o adaptador fornecido. A seguir, deve-se conectar a mangueira própria que é usada normalmente com as ferramentas de ar comprimido. Então o sistema de refrigeração é evacuado por uma válvula especial, gerando alta pressão negativa (vácuo). Em seguida, é conectada a mangueira de sucção fornecida e é feito o abastecimento com a nova mistura de água e anticongelante, usando um recipiente limpo de líquido de refrigeração (balde ou reservatório). Com um manômetro que mede a pressão negativa no Airlift, é possível verificar simultaneamente também a estanqueidade de todo o sistema.

Verificação do sistema de refrigeração com testes de pressão e queda de pressão

Para verificar se há vazamentos no sistema de refrigeração, recomenda-se o uso de um testador de pressão. Utilizando uma bomba manual, o sistema de refrigeração é pressurizado. Ao observar o manômetro de pressão, uma queda de pressão indica que há vazamento no sistema de refrigeração. Usando adaptadores universais ou específicos para cada veículo, a bomba pode ser acoplada com conexão rápida a quase todos os veículos comerciais, de passeio, máquinas agrícolas e de construção atuais. Em caso de vazamentos difíceis de localizar, o sistema de refrigeração pode ser previamente abastecido com um líquido de contraste.

Danos típicos

As fotos mostram danos típicos que podem ser causados por diferentes fatores.

Radiador do líquido de refrigeração

Todas as falhas provocam redução do desempenho do radiador. Não é comum fazer reparos nos radiadores modernos, pois as soldas de alumínio são complexas e há grande chance de causar obstruções nos pequenos dutos. Por isso, não se deve utilizar selantes, que podem causar entupimento e reduzir o desempenho.

Corrosão por uso de líquido de refrigeração incorreto ou envelhecido

Trocador de calor da cabine

Depósitos de calcário e o uso de selantes podem causar entupimentos no trocador de calor da cabine, assim como no radiador. Em alguns casos, eles podem ser removidos com lavagem, usando produtos de limpeza específicos. Para isso, deve-se observar as especificações do fabricante do veículo.

Depósitos de calcário por uso de água pura (sem líquido de refrigeração)

Trocador de calor calcificado

Testagem e diagnóstico do sistema de refrigeração

Em caso de falhas no sistema de refrigeração, como potência insuficiente de aquecimento, impossibilidade do motor de atingir a temperatura de operação ou superaquecimento, é possível investigar a causa do defeito com procedimentos simples. Em primeiro lugar, deve-se verificar o nível correto de líquido de refrigeração e anticongelante no sistema e a existência de contaminação ou vazamentos. Confira também se a correia em V ou poly-V está corretamente tensionada.

A seguir, dependendo dos sintomas, a identificação de falhas pode continuar com os seguintes passos, observando os componentes ou medindo as temperaturas:

Superaquecimento do motor:

- **A temperatura exibida é realista?**
  (Se necessário, verificar sensor de temperatura do líquido de refrigeração e o instrumento de exibição)
- **O radiador e os componentes conectados (condensador do ar-condicionado) estão livres de contaminação, para garantir que o ar flua sem obstruções?**
  (Se necessário, limpar componentes)
- **O ventilador do radiador e o ventilador auxiliar estão funcionando corretamente?**
  (Verificar ponto de acionamento, fusível, interruptor térmico, unidade de controle do ventilador; examinar se há danos mecânicos)
- **O termostato está se abrindo?**
  (Medir temperatura antes e depois do termostato; se necessário, remover termostato e testá-lo imerso em água)
- **O radiador está obstruído?**
  (Verificar temperatura na entrada e na saída do radiador; examinar volume do fluxo)
- **A bomba do líquido de refrigeração está funcionando?**
  (Verificar se a roda da bomba não está frouxa no eixo de transmissão)
- **As válvulas de alívio de pressão ou de vácuo da tampa do radiador e do tanque de compensação estão funcionando?**
  (Se necessário, usar bomba de teste; checar se a vedação da tampa está danificada ou ausente)

O motor não esquenta:

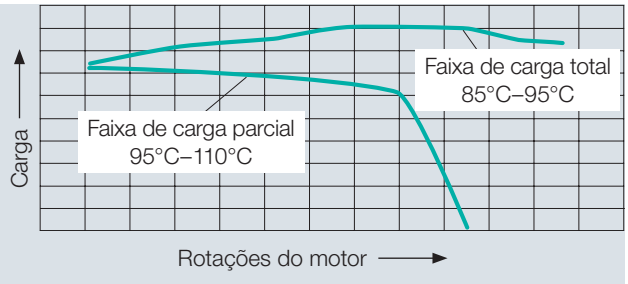
- **A temperatura exibida é realista?**
  (Se necessário, verificar sensor de temperatura do líquido de refrigeração e o instrumento de exibição)
- **O termostato está permanentemente aberto?**
  (Medir temperatura antes e depois do termostato; se necessário, remover termostato e testá-lo imerso em água)
- **O ventilador do radiador e o ventilador auxiliar estão funcionando permanentemente?**
  (Verificar ponto de acionamento, interruptor térmico, unidade de controle do ventilador)

O sistema de aquecimento não esquenta o suficiente:

- **O motor atinge a temperatura de operação e o líquido de refrigeração se aquece?**
  (Se necessário, seguir primeiro os passos em “O motor não esquenta”)
- **A válvula do aquecedor está abrindo?**
  (Verificar unidade de controle elétrico ou cabo Bowden e válvula)
- **O radiador de aquecimento (trocador de calor da cabine) está obstruído?**
  (Verificar temperatura na entrada e na saída do trocador de calor; examinar volume do fluxo)
- **O controle das válvulas está funcionando?**
  (Verificar posição das tampas e batentes, função de ar fresco e recirculado, bicos de saída de ar)
- **O ventilador da cabine está funcionando?**
  (Ruídos, níveis do ventilador)
- **O filtro da cabine está sujo ou o fluxo de ar é insuficiente?**
  (Verificar filtro da cabine, verificar se há infiltrações de ar nos dutos de ventilação)

Refrigeração com controle eletrônico*

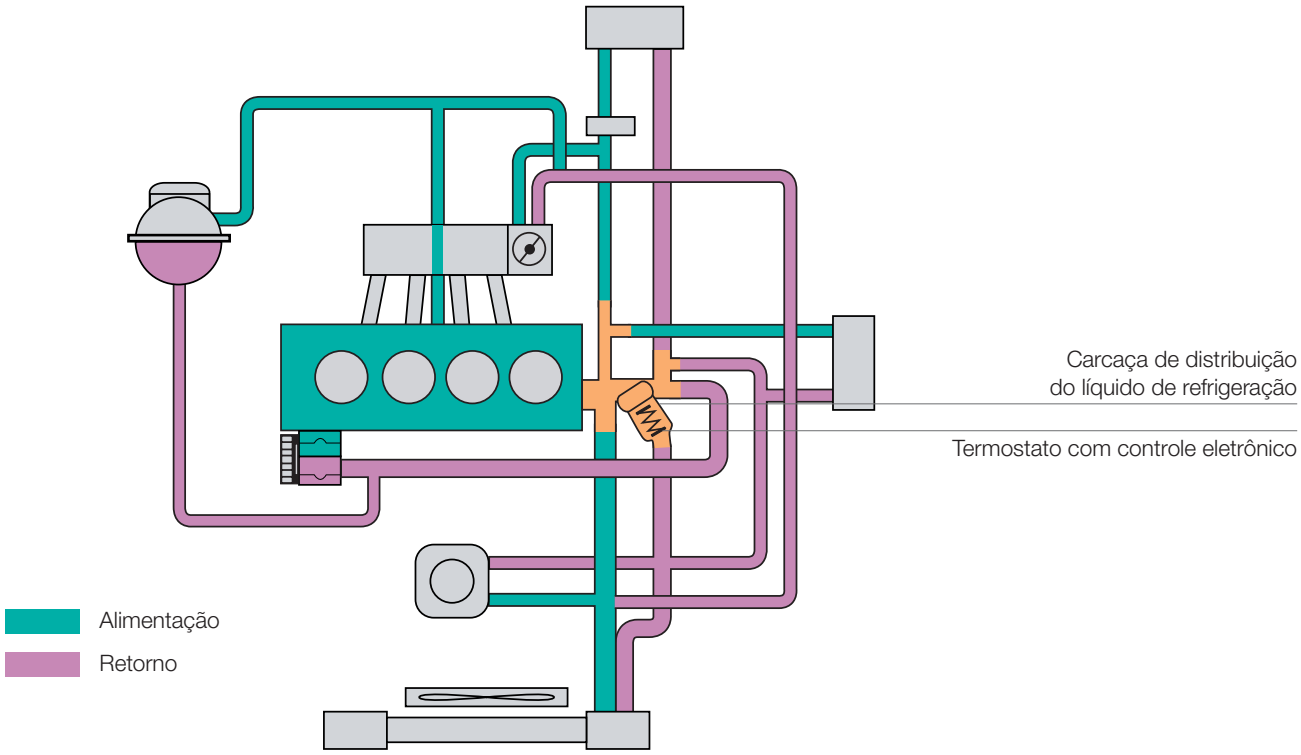
(Exemplo: VW 1,6 l motor APF)



Nível de temperatura do líquido de refrigeração

O bom funcionamento do motor também depende da sua refrigeração correta. Na refrigeração controlada por termostato, as temperaturas do líquido de refrigeração variam de 95°C a 110°C na faixa de carga parcial e de 85°C a 95°C na faixa de carga total. Temperaturas mais altas na faixa de carga parcial resultam em um nível de desempenho mais adequado, com efeito positivo no consumo e na emissão de poluentes nos gases de escape. Com temperaturas mais baixas na faixa de carga total, o desempenho é elevado. O ar de admissão é menos aquecido, gerando um aumento de desempenho.

Visão geral do sistema de refrigeração com controle eletrônico



* Fonte: VW Audi/Programa de autoestudo 222/Sistema de refrigeração com controle eletrônico

O desenvolvimento de um sistema de refrigeração com controle eletrônico teve por objetivo regular a temperatura de operação do motor para um valor desejado conforme a situação de carga. A temperatura de operação ideal é regulada por meio do termostato de aquecimento elétrico e dos níveis do ventilador do radiador, em função de diagramas operacionais (mapas) armazenados na unidade de controle do motor. Dessa maneira, a refrigeração pode ser ajustada a qualquer situação de carga e desempenho do motor.

Vantagens do ajuste da temperatura do líquido de refrigeração às condições de funcionamento momentâneas do motor:

- Redução do consumo de combustível na faixa de carga parcial
- Redução das emissões de CO e HC

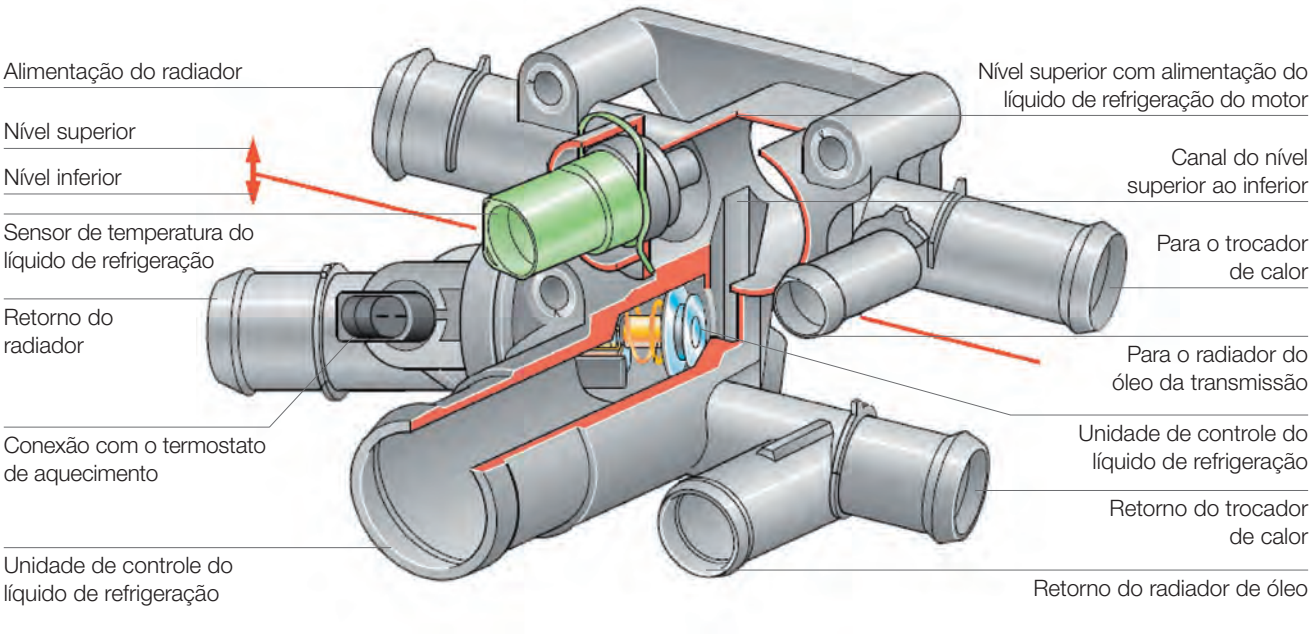
Diferenças em relação a um circuito de refrigeração convencional:

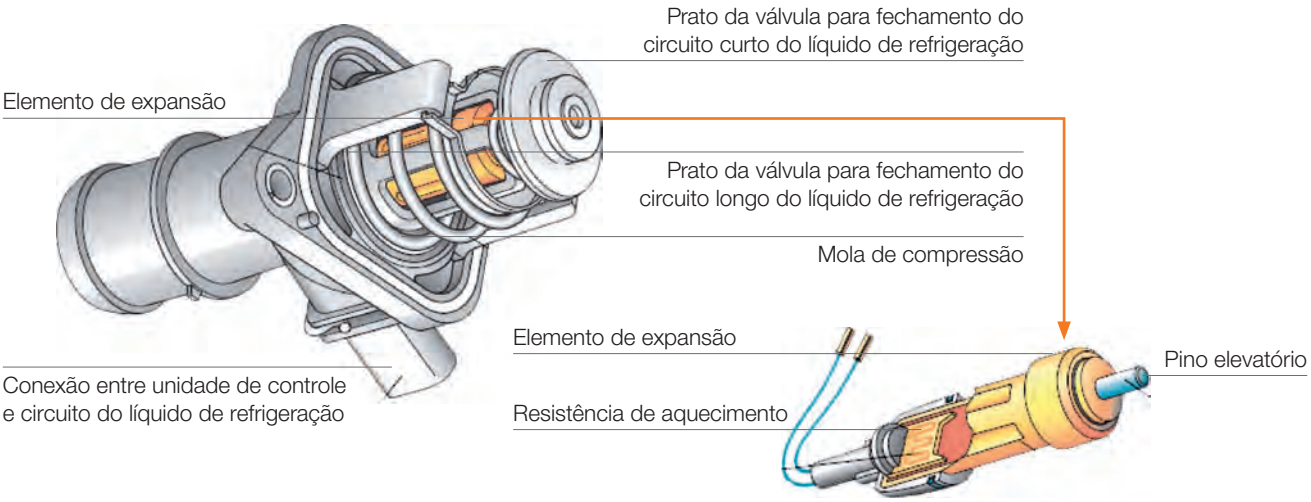
- Integração ao circuito de refrigeração graças a alterações mínimas no design
- Carcaça de distribuição do líquido de refrigeração e termostato formam um mesmo módulo
- Não é necessário um regulador do líquido de refrigeração (termostato) no bloco do motor
- Unidade de controle do motor também contém diagramas operacionais do sistema de refrigeração de controle eletrônico

Carcaça de distribuição do líquido de refrigeração

A carcaça de distribuição do líquido de refrigeração é instalada diretamente no cabeçote, no lugar do bocal de conexão. Ela divide-se em dois níveis. Os diferentes componentes são abastecidos com líquido de refrigeração do nível superior, exceto pela alimentação da bomba do líquido de refrigeração. No nível inferior da carcaça de distribuição, fica conectado o retorno do líquido de refrigeração que vem de cada componente. Um canal vertical une o nível superior e o inferior.

O termostato abre/fecha o canal vertical com seu pequeno prato da válvula. A carcaça de distribuição do líquido de refrigeração é praticamente a estação que distribui o líquido de refrigeração para o circuito de refrigeração curto ou longo.





Unidade de controle do líquido de refrigeração

Componentes funcionais

- Termostato de material de expansão (com elemento de cera)
- Aquecimento de resistência no elemento de cera
- Molas de compressão para fechamento mecânico dos canais de líquido de refrigeração, 1 prato de válvula grande e 1 pequeno

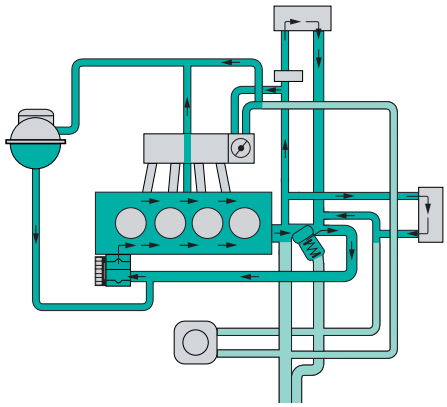
Funcionamento

O termostato de material de expansão na carcaça de distribuição fica sempre imerso em líquido de refrigeração. O elemento de cera controla sem aquecer como antes, mas é projetado para outra temperatura. Acima da temperatura do líquido de refrigeração, a cera se derrete e dilata.

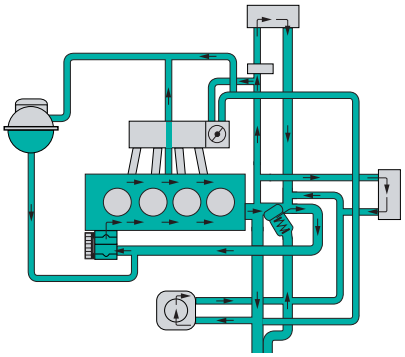
Essa dilatação faz o pino elevatório subir. Em condições normais (sem corrente), isso ocorre conforme o novo perfil de 110°C da temperatura do líquido de refrigeração na saída do motor. No elemento de cera, fica embutida uma resistência de aquecimento. Se alimentada com corrente, essa resistência também aquece o elemento de cera, e a elevação ou ajuste passa a não depender somente da temperatura do líquido de refrigeração, mas a ser definida também pela unidade de controle do motor, conforme o diagrama operacional.

Circuito longo e curto do líquido de refrigeração

Como nos circuitos anteriores, há dois circuitos que são controlados neste caso. O circuito curto serve para aquecer rapidamente o motor no arranque a frio e em carga parcial. Nesse caso, a refrigeração do motor controlada por diagrama operacional ainda não é acionada. O termostato na carcaça de distribuição do líquido de refrigeração bloqueou o retorno do radiador e liberou o caminho curto até a bomba do líquido de refrigeração. Por isso, o radiador não está integrado à circulação do líquido de refrigeração.



O circuito longo do líquido de refrigeração é aberto ou pelo termostato no regulador do líquido de refrigeração após atingir cerca de 110°C ou pelo diagrama operacional, dependendo da carga. O radiador agora está integrado ao circuito do líquido de refrigeração. Para auxiliar na refrigeração pelo vento externo ou em ponto morto, os ventiladores elétricos são ativados conforme necessário.



Controle eletrônico: visão geral

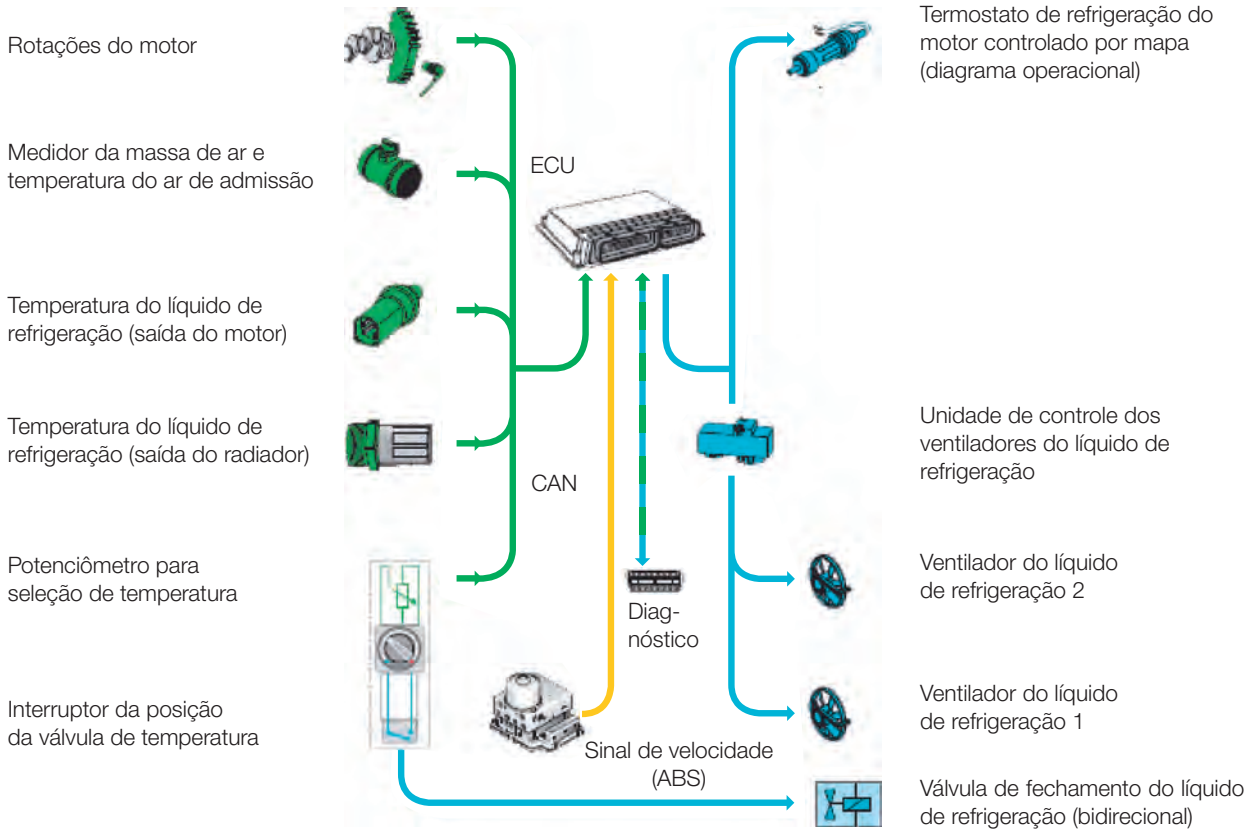
A unidade de controle do motor foi ampliada para incluir as conexões para os sensores e atuadores do sistema de refrigeração com controle eletrônico:

- Alimentação elétrica do termostato (saída)
- Temperatura de retorno do radiador (entrada)
- Controle do ventilador do radiador (2 saídas)
- Potenciômetro no regulador de aquecimento (entrada)

O cálculo das funções para a temperatura do diagrama operacional é feito a cada segundo. O controle do sistema é iniciado como resultado dos cálculos das funções:

- Ativação (aplicação de corrente) da resistência de aquecimento no termostato para refrigeração do motor controlada por diagrama operacional, para abrir o circuito longo de refrigeração (regulagem da temperatura do líquido de refrigeração)
- Ativação dos ventiladores do radiador para auxiliar na redução rápida da temperatura do líquido de refrigeração

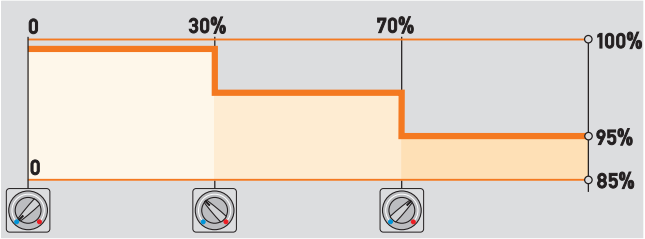
Para todas as outras informações necessárias, são utilizados os sensores da unidade de controle do motor.



Regulagem da temperatura do líquido de refrigeração quando é necessário aquecimento

A temperatura do líquido de refrigeração pode oscilar entre 110°C e 85°C ao conduzir com alternância entre carga parcial e total. Uma diferença de temperatura de 25°C causaria desconforto perceptível na cabine do veículo quando o aquecimento está ligado. O motorista teria que reajustá-la constantemente.

Por meio do potenciômetro, o sistema eletrônico da refrigeração detecta a preferência de temperatura do motorista e regula a temperatura do líquido de refrigeração de maneira correspondente; por exemplo, a partir da posição de 70% do botão giratório = 95°C de temperatura do líquido de refrigeração. Um microinterruptor no botão giratório de seleção de temperatura se abre assim que ele sai da posição de aquecimento desligado. Isso ativa uma válvula pneumática bidirecional que, por sua vez, abre a válvula de desconexão do líquido de refrigeração para o trocador de calor do aquecimento, por ação da pressão negativa.



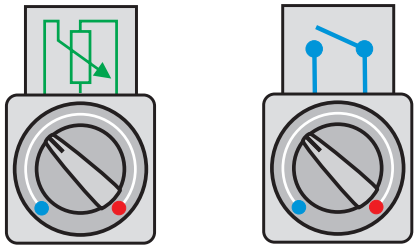


Diagrama operacional – valores nominais

A ativação do termostato para refrigeração do motor controlada por mapa (circuito longo ou curto de refrigeração) é regulada pelos diagramas operacionais (mapas). Neles ficam armazenados os valores nominais de temperatura correspondentes. A carga do motor é o fator decisivo. A carga (massa de ar) e o número de rotações determinam a temperatura do líquido de refrigeração a ser ajustada.

Em um segundo diagrama operacional, ficam armazenados valores nominais de temperatura que dependem da velocidade e da temperatura do ar de admissão. A partir disso, obtém-se a temperatura do líquido de refrigeração a ser ajustada. Comparando os diagramas operacionais 1 e 2, o valor mais baixo é utilizado como valor nominal e o termostato é ajustado de maneira correspondente. O termostato só é ativado quando um limiar de temperatura é ultrapassado e a temperatura do líquido de refrigeração está logo abaixo do valor nominal.

Sensor de temperatura do líquido de refrigeração

Os sensores de temperatura funcionam como sensores NTC. Os valores nominais de temperatura do líquido de refrigeração ficam armazenados na unidade de controle do motor como diagramas operacionais (mapas). Os valores reais de temperatura do líquido de refrigeração são medidos em dois diferentes pontos do circuito de refrigeração e transmitidos para a unidade de controle como sinais de tensão.

Valor real 1 do líquido de refrigeração – diretamente na saída de líquido de refrigeração no motor, na unidade distribuidora do líquido.

Valor real 2 do líquido de refrigeração – no radiador, antes da saída do líquido de refrigeração.

Uso dos sinais: a comparação entre as temperaturas nominais armazenadas nos diagramas operacionais com a temperatura real 1 determina a razão cíclica para aplicação de corrente na resistência de aquecimento no termostato. A comparação entre os valores reais 1 e 2 do líquido de refrigeração serve de base para o controle dos ventiladores elétricos do líquido de refrigeração.

Função substituta: em caso de avaria no sensor (saída do motor) de temperatura do líquido de refrigeração, a regulagem de temperatura do líquido de refrigeração continua com um valor substituto predefinido de 95°C e o nível 1 do ventilador é permanentemente ativado.

Em caso de avaria no sensor (saída do radiador) de temperatura do líquido de refrigeração, a regulagem permanece ativa e o nível 1 do ventilador é permanentemente ativado. Ao ultrapassar determinado limiar de temperatura, o nível 2 do ventilador é ativado. Em caso de avaria nos dois sensores, a tensão máxima é aplicada à resistência de aquecimento e o nível 2 do ventilador é permanentemente ativado.

Sensor de temperatura do líquido de refrigeração

Termostato controlado por mapa (diagrama operacional)

No elemento de cera do termostato de material de expansão fica embutida uma resistência de aquecimento. Ela também aquece a cera, que se dilata e provoca a elevação “x” do pino elevatório, conforme o diagrama operacional (mapa). A elevação “x” provoca o ajuste mecânico do termostato. O aquecimento é ativado pela unidade de controle do motor com base no diagrama operacional, por meio de um sinal PWM (modulado por largura de pulso). O aquecimento varia em função da largura de pulso e do tempo.

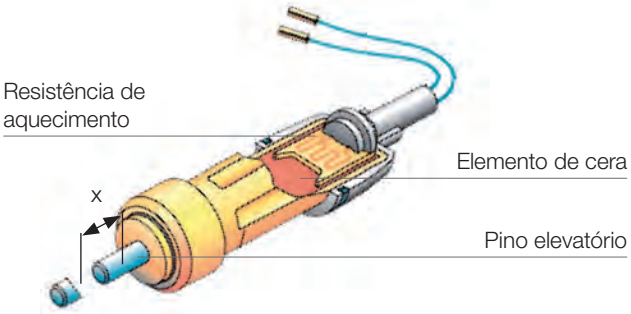
Regra:

- PWM low (sem tensão) = temperatura alta do líquido de refrigeração
- PWM high (com tensão) = temperatura baixa do líquido de refrigeração

Sem tensão de operação:

- Controle apenas pelo elemento de expansão
- Nível 1 do ventilador é permanentemente ativado

O aquecimento do termostato não serve para aquecer o líquido de refrigeração – ele aquece seletivamente o termostato ou o controla para que abra o circuito longo do líquido de refrigeração. Não é aplicada tensão com o motor parado ou no processo de arranque.



Elemento de expansão de cera

Resumo

Os sistemas modernos de refrigeração vêm se tornando muito mais técnicos, como todos os outros sistemas encontrados nos automóveis. Para compreender e diagnosticar os sistemas de gerenciamento térmico atuais, já não bastam conhecimentos básicos. É preciso ter expertise em sistemas, acesso a documentações técnicas e a habilidade de pensar de forma lógica.

No passado, era refrigeração de motores; hoje é gerenciamento térmico

Componentes do gerenciamento térmico

Informações técnicas

Radiador do líquido de refrigeração

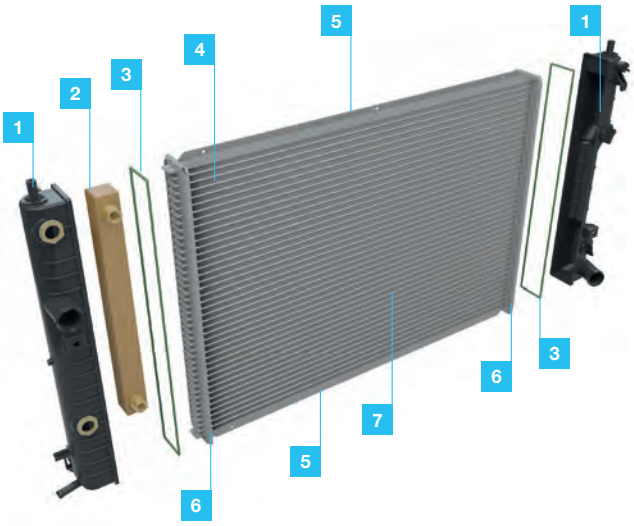
Geral

O radiador do líquido de refrigeração é instalado no fluxo de ar, na parte dianteira do veículo, e pode ter diferentes formatos. Sua função é liberar para o ar externo o calor gerado pela combustão no motor e absorvido pelo líquido de refrigeração. Outros resfriadores também podem estar presentes na unidade do radiador ou próximos dela, p. ex., para transmissão automática.

Radiador do líquido de refrigeração

Estrutura/funcionamento

O componente mais importante do módulo de refrigeração é o radiador do líquido de refrigeração. Ele é composto pelo bloco do radiador e pelo tanque de água, com todas as conexões e elementos de fixação necessários. O bloco, por sua vez, é composto pela unidade (colmeia) do radiador com um sistema de tubos e aletas, pela base e pelos painéis laterais. Os radiadores convencionais têm um tanque de água feito de poliamida reforçada com fibra de vidro, que é vedado e rebordado antes de ser instalado sobre a base. A tendência atual é de radiadores totalmente de alumínio, que se destacam por seu menor peso e profundidade. Além disso, são 100% recicláveis. O resfriamento do líquido de refrigeração ocorre nas aletas (colmeia). O ar exterior que circula pela colmeia do radiador absorve o calor do líquido de refrigeração. Existem dois formatos de radiador: de fluxo descendente e cruzado. No radiador de fluxo descendente, a água entra por cima do radiador e sai por baixo. No radiador de fluxo cruzado, a água entra por um lado do radiador e sai pelo outro. Se, no radiador de fluxo cruzado, a entrada e a saída ficam do mesmo lado, o tanque de água é dividido. O líquido de refrigeração então circula pelo radiador na parte superior e na inferior em sentidos contrários. Os radiadores de fluxo cruzado têm um formato mais baixo e são usados principalmente em veículos de passeio.



1 Tanque de água

2 Radiador do óleo

3 Vedações

4 Aletas de refrigeração (colmeia)

5 Chapas laterais

6 Base

7 Tubo de resfriamento

Indícios de falhas

Um defeito no radiador pode ser notado pelos seguintes indícios:

- Pouca potência de refrigeração
- Alta temperatura do motor
- Funcionamento ininterrupto do ventilador do radiador
- Pouca potência de refrigeração do ar-condicionado

Possíveis causas a considerar:

- Perda de líquido de refrigeração por danos no radiador (batidas de pedras, acidente)
- Perda de líquido de refrigeração por corrosão ou vazamentos nas conexões
- Troca de calor insuficiente devido a impurezas externas ou internas (sujeira, insetos, depósitos de calcário)
- Líquido de refrigeração contaminado ou envelhecido

Depósitos de calcário no radiador

Identificação de falhas

Passos para diagnosticar e reparar defeitos:

- Verificar se há sujeiras externas no radiador; se necessário, limpá-lo com ar comprimido reduzido ou jato de água, sem chegar muito perto das lamelas
- Verificar se há danos ou vazamentos externos (conexões de mangueiras, flanges, lamelas, carcaças plásticas)
- Verificar se o líquido de refrigeração apresenta descoloração/ impurezas (p. ex., óleo por defeito na junta do cabeçote) e examinar o teor de anticongelante
- Verificar fluxo do líquido de refrigeração (obstrução por materiais estranhos, selante, depósitos de calcário)
- Medir a temperatura de entrada e saída do líquido de refrigeração usando um termômetro infravermelho

Depósitos de corrosão no radiador

Tampa do radiador

Geral

Uma peça que passa despercebida, mas é importante: a tampa do radiador. Além de garantir o fechamento estanque do orifício de abastecimento do radiador ou do tanque de compensação, a tampa impede a ocorrência de sobrepressão excessiva ou pressão negativa (vácuo) no sistema de refrigeração. Para isso, a tampa de abastecimento é equipada com uma válvula de vácuo e outra de alívio de pressão. A válvula de alívio de pressão serve para elevar a pressão em aprox. 0,3 a 1,4 bar. Dependendo da posição dela, a temperatura de ebulição do líquido de refrigeração sobe para 104°C a 110°C, melhorando a potência do sistema de refrigeração. Durante o resfriamento, seria gerada pressão negativa em sistemas hermeticamente fechados. Isso é evitado pela válvula de vácuo.

Tampa de metal

Tampa de plástico

Estrutura/funcionamento

O aumento de temperatura do líquido de refrigeração provoca uma elevação da pressão no sistema, pois o líquido de refrigeração se dilata. O líquido de refrigeração é impelido para dentro do tanque. A pressão dentro do tanque sobe. A válvula de alívio de pressão na tampa se abre, permitindo que o ar escape. Quando a temperatura do líquido de refrigeração se normaliza, é criado um vácuo no sistema de refrigeração. O líquido de refrigeração então é sugado para fora do tanque, criando um vácuo no tanque. Como resultado, abre-se a válvula de compensação de vácuo na tampa do tanque. O ar então entra no tanque até que seja atingido um equilíbrio de pressão.

Tanque de compensação

Instruções para abertura da tampa do radiador:

- Deixar o sistema de refrigeração esfriar até que o líquido de refrigeração atinja uma temperatura inferior a 90°C
- Com o motor quente, o sistema de refrigeração está sob pressão
- A abertura repentina do sistema de refrigeração pode causar queimaduras!
- Abrir a tampa do líquido de refrigeração até o limitador, e em modelos de rosca, girar meia volta e liberar a sobrepressão
- Usar luvas, óculos e roupa de proteção!

Tampa com adaptador de teste

Manômetro para verificação de pressão

Teste de funcionamento:

- O funcionamento correto da válvula da tampa do radiador pode ser testado com um aparelho de teste próprio (conforme as especificações do fabricante do veículo)

  1. Determinar a pressão de abertura mediante elevação de pressão
  2. A válvula de vácuo deve estar assentada sobre a vedação de borracha, poder ser facilmente levantada e retornar à posição após ser solta

- A MAHLE recomenda substituir também a tampa sempre que o radiador for trocado

Tampa de metal com válvula de vácuo

Lavagem do sistema de refrigeração

Em caso de contaminação do sistema de refrigeração, é necessário drenar o líquido de refrigeração e lavar o sistema.

A contaminação pode ser por:

- Óleo (defeito na vedação do cabeçote)
- Ferrugem (corrosão interna do motor)
- Alumínio (corrosão interna do radiador)
- Materiais estranhos (aditivos/selantes)
- Partículas estranhas (defeito na bomba do líquido de refrigeração)

Análises de radiadores avariados demonstraram que a lama de ferrugem é a fonte de contaminação mais frequente. Ela pode se formar por falta ou insuficiência de limpeza durante reparos no sistema de refrigeração ou por abastecimento com anticongelantes incorretos, além de reutilização de líquido de refrigeração drenado. A lama de ferrugem pode se depositar e obstruir canais estreitos, acelera a corrosão quando cobre superfícies metálicas polidas (efeito anódico com corrosão localizada) e causa abrasão no circuito do líquido de refrigeração, especialmente nos pontos de desvio do fluxo.

Limpeza

Conforme o grau de sujeira, é possível limpar o sistema de refrigeração com água morna ou com um líquido de lavagem especial. Dependendo do fabricante do veículo e dos sintomas, há diferentes procedimentos para a lavagem. Por exemplo, caso o líquido de refrigeração apresente uma coloração marrom oxidada e haja queixas sobre a potência de aquecimento, a Audi recomenda, para o A6, o uso de um líquido de lavagem especial. Para efetuar várias vezes o procedimento de lavagem, é preciso desinstalar o termostato e medir a potência de aquecimento antes e depois da lavagem.

A Volkswagen recomenda um produto de limpeza com efeito desengordurante e o seguinte procedimento:

- Colocar o motor em temperatura de operação
- Drenar o líquido de refrigeração
- Em motores de 4 cilindros, encher com 3 litros de produto de limpeza e completar com água
- Em motores de 8 cilindros, encher com 4 litros de produto de limpeza e completar com água
- Deixar o motor funcionar por 20 minutos com o termostato aberto
- Drenar o produto de limpeza
- Repetir o processo até que o produto de limpeza saia claro
- Repetir o processo duas vezes com água limpa
- Abastecer com anticongelante

Depósitos emulsificados no trocador de calor com insertos de turbulência

A Opel indica, para diversos modelos, que a causa de uma temperatura excessiva no motor é possivelmente uma obstrução no radiador. Nesse caso, deve-se fazer a lavagem com água morna (> 50°C) e substituir, além do radiador, todas as peças em contato com o líquido de refrigeração (trocador de calor, cabeçote etc.). A maioria dos produtos de limpeza são baseados em componentes de ácido fórmico, oxálico ou clorídrico, dos quais jamais devem permanecer resíduos no sistema de refrigeração. Enxágue cuidadosamente!

Após a limpeza, às vezes aparecem vazamentos que antes não eram visíveis, que costumam ser atribuídos à agressividade do produto de limpeza. No entanto, a causa real é algum defeito mais antigo, que só não vazava até então devido a depósitos de resíduos. A MAHLE recomenda fazer a limpeza antes de instalar qualquer novo componente no circuito de refrigeração.

O grau de contaminação e as especificações do fabricante do veículo determinam o processo e o fluido de lavagem a serem utilizados.

É importante considerar que, devido ao seu design (p. ex., de tubo plano), não é mais possível lavar todos os componentes dos sistemas modernos de refrigeração, sendo necessário trocá-los.

Isso se aplica especialmente aos seguintes componentes:

- Termostato
- Radiador do líquido de refrigeração
- Válvulas elétricas
- Tampa de fechamento
- Trocador de calor da cabine

Quando não é mais possível verificar o nível do líquido de refrigeração no tanque de compensação devido à sujeira (óleo, ferrugem), também é preciso trocar o tanque.

O termostato e a tampa devem ser sempre substituídos.

Ao utilizar produtos de limpeza do sistema de refrigeração, é preciso tomar cuidado para que não danifiquem os materiais de vedação e para que não cheguem ao esgoto ou ao solo, nem sejam eliminados pelo separador de óleo. Esses produtos de limpeza devem ser coletados junto com o líquido de refrigeração e descartados de maneira específica. Após a lavagem, deve-se reabastecer o sistema com líquido de refrigeração conforme a indicação do fabricante do veículo (observar especificações e proporção da mistura), sangrar o ar e verificar vazamentos e funcionamento.

Anticongelante = anticorrosivo!

Contaminação em componentes do sistema de refrigeração

Bombas do líquido de refrigeração

Geral

As bombas do líquido de refrigeração geralmente têm acionamento mecânico, por correia dentada ou poly-V, e bombeiam o líquido de refrigeração pelo respectivo circuito. As bombas têm os mais variados formatos e podem ser flangeadas diretamente ao motor ou instaladas separadamente. As bombas do líquido de refrigeração precisam suportar enormes oscilações de temperatura (–40°C a aprox. +120°C). A variação do número de rotações (500 a 8.000 rpm) e as pressões de até 3 bars exigem alta resistência dos rolamentos e vedações.

Para economizar combustível, no futuro serão usadas cada vez mais bombas do líquido de refrigeração com acionamento elétrico e controle eletrônico.

Bomba do líquido de refrigeração

Estrutura/funcionamento

A bomba mecânica do líquido de refrigeração é composta dos seguintes 5 módulos:

1. Carcaça
2. Roda motriz
3. Rolamento
4. Vedação mecânica
5. Rotor

A roda motriz e o rotor ficam montados em um mesmo eixo. Uma vedação mecânica sela o eixo da bomba por fora. O movimento rotativo do rotor transporta o líquido de refrigeração pelo seu circuito. Os rotores geralmente são feitos de plástico ou metal. A carga sobre os rolamentos é menor nos rotores de plástico. Ao mesmo tempo, eles são menos suscetíveis a cavitação.

No entanto, os rotores de plástico tornam-se frágeis com o passar do tempo. O anel de vedação mecânica é constantemente lubrificado e resfriado pelo líquido de refrigeração. Devido ao seu formato, quantidades mínimas de líquido de refrigeração podem se infiltrar no espaço livre que há atrás do anel de vedação e sair pelo orifício de descarga da bomba. Por isso, eventuais traços visíveis de líquido de refrigeração não são necessariamente indício de defeito na bomba.

Indícios de falhas

Os seguintes sintomas podem ser indício de falhas na bomba do líquido de refrigeração:

- Ruídos
- Perda de líquido de refrigeração
- Pouca potência de refrigeração/superaquecimento do motor

Possíveis causas a considerar:

- Danos mecânicos:
  Rotor solto/quebrado
  Defeitos no rolamento ou na vedação
  Danos na roda motriz
- Estreitamento transversal por corrosão ou selante
- Cavitação:
  Danos no rotor devido à formação e desintegração de bolhas de vapor no líquido de refrigeração
  Falha elétrica (curto-circuito/interrupção)

Identificação de falhas

Saída de líquido de refrigeração da bomba, p. ex., por:

- Aplicação excessiva de selante – resíduos do material de vedação podem entrar no circuito de refrigeração e danificar p. ex. a vedação mecânica.

Corrosão em todo o sistema de refrigeração:

- Defeito na vedação do cabeçote – os gases de escape do motor entram no sistema de refrigeração; alteração negativa do valor de pH

Peças da bomba – como rotor, carcaça, vedação mecânica e eixo – com sérios danos por corrosão localizada:

- Líquido de refrigeração envelhecido/gasto com alto teor de cloretos (compostos salinos) em combinação com temperaturas elevadas

Saída excessiva de líquido de refrigeração no orifício de descarga:

- Causada por corrosão no sistema de refrigeração

Instruções para remoção e instalação

Ao substituir a bomba do líquido de refrigeração, deve-se sempre observar as orientações incluídas na embalagem e as instruções de montagem específicas do fabricante do veículo. Se o sistema de refrigeração apresentar contaminações, é preciso lavá-lo. O sistema de refrigeração só deve ser abastecido com líquido de refrigeração que corresponda às especificações do fabricante do veículo. Deve-se seguir as indicações do fabricante do veículo para abastecer ou sangrar o ar do sistema. Instalações incorretas podem causar superaquecimento do motor, danos à correia e/ou ao motor.

Informações sobre o uso, especificações e intervalos de troca dos líquidos de refrigeração podem ser encontradas nestas informações técnicas, no item “Líquido de refrigeração”.

Tanque de compensação

Geral

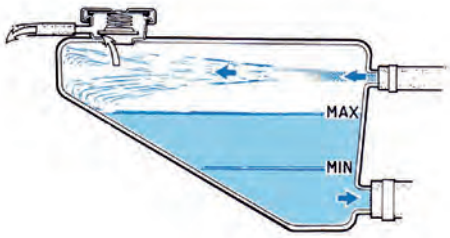
O tanque de compensação no sistema de refrigeração geralmente é feito de plástico e serve para coletar o líquido de refrigeração que se dilata. Ele normalmente é instalado de forma a ocupar o ponto mais alto do sistema de refrigeração. Para que se possa controlar o nível do líquido de refrigeração, ele é transparente e possui marcações de “mín” e “máx”. Além disso, também é possível instalar um sensor eletrônico do nível de enchimento. A válvula na tampa do tanque de compensação garante o equilíbrio de pressão no sistema de refrigeração.

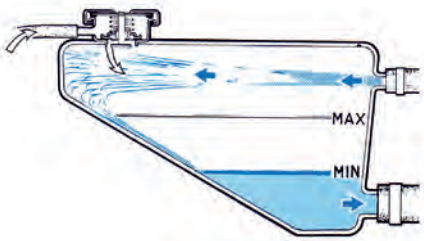
Tanque de compensação

Estrutura/funcionamento

Um aumento de temperatura do líquido de refrigeração provoca uma elevação da pressão no sistema de refrigeração, pois o líquido de refrigeração se dilata. Isso aumenta a pressão dentro do tanque de compensação, fazendo com que a válvula de alívio de pressão da tampa se abra e permita a saída de ar.

Quando a temperatura do líquido de refrigeração se normaliza, é criado um vácuo no sistema de refrigeração, que suga o líquido de refrigeração de volta do tanque, também criando um vácuo no tanque. Como consequência, a válvula de compensação de vácuo na tampa do tanque se abre. O ar então entra no tanque até que seja atingido um equilíbrio de pressão.





Funcionamento do tanque de compensação

Indícios de falhas

Um defeito no tanque de compensação ou na sua tampa pode ser notado pelos seguintes indícios:

- Perda de líquido de refrigeração (vazamento) em diversos componentes do sistema ou no próprio tanque de compensação
- Superaquecimento do líquido de refrigeração ou do motor
- Fissuras ou rupturas no tanque de compensação ou em outros componentes do sistema

Possíveis causas a considerar:

- Sobrepressão no sistema de refrigeração por defeito na válvula da tampa
- Fadiga de materiais

Identificação de falhas

Passos para diagnosticar e reparar defeitos:

- Verificar nível do líquido de refrigeração e teor de anticongelante
- Verificar se o líquido de refrigeração apresenta descoloração/impurezas (óleo, selante, depósitos de calcário)
- Verificar se há vazamentos ou falhas de funcionamento no termostato, radiador, trocador de calor, mangueiras e suas conexões
- Se necessário, pressurizar o sistema de refrigeração (teste de pressão)
- Verificar se há bolhas de ar no sistema de refrigeração e, se necessário, sangrar o ar do sistema de refrigeração conforme as instruções do fabricante do veículo

Se o problema não for identificado após seguir todos os passos acima, será necessário substituir a tampa do tanque de compensação. É difícil realizar testes na válvula da tampa.

Trocador de calor da cabine

Geral

O trocador de calor é integrado à caixa de aquecimento da cabine do veículo. Por ele circula o líquido de refrigeração. O ar para a cabine aquece-se ao passar pelo trocador de calor.

Trocador de calor

Estrutura/funcionamento

Assim como o radiador, o trocador de calor da cabine é composto de um sistema de tubos e aletas que é montado mecanicamente. Aqui também a tendência é de design totalmente em alumínio. Pelo trocador de calor da cabine circula o líquido de refrigeração. O volume do fluxo geralmente é regulado por válvulas de controle mecânico ou elétrico. O ar da cabine é aquecido pelas aletas de refrigeração (colmeia) do trocador de calor. O fluxo de ar gerado pelo ventilador da cabine ou pelo vento externo é conduzido através do trocador de calor da cabine, onde circula líquido de refrigeração aquecido. Isso aquece o ar, que prossegue até chegar à cabine do veículo.

Indícios de falhas

Um defeito ou pane no trocador de calor da cabine pode ser notado pelos seguintes indícios:

- Pouca potência de aquecimento
- Perda de líquido de refrigeração
- Surgimento de odores (adocicados)
- Vidros embaçados
- Fluxo de ar deficiente

Possíveis causas a considerar:

- Troca de calor insuficiente devido a impurezas externas ou internas (corrosão, aditivos do líquido de refrigeração, sujeira, depósitos de calcário)
- Perda de líquido de refrigeração por corrosão
- Perda de líquido de refrigeração por vazamento nas conexões
- Filtro de cabine sujo
- Contaminação/obstruções no sistema de ventilação (folhas)
- Defeito no controle das válvulas

Identificação de falhas

Passos para diagnosticar e reparar defeitos:

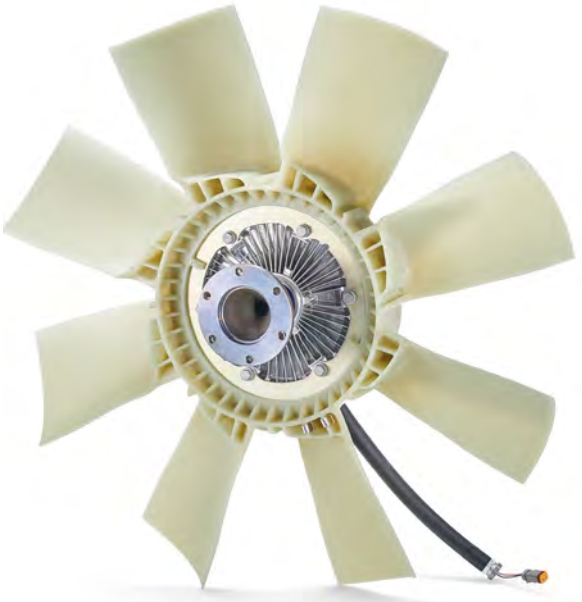
- Verificar se há surgimento de odores e embaçamento dos vidros
- Verificar filtro da cabine
- Verificar se há vazamentos no trocador de calor da cabine (conexões das mangueiras, flanges, colmeia)
- Verificar se o líquido de refrigeração apresenta descoloração/impurezas
- Verificar fluxo do líquido de refrigeração (obstrução por materiais estranhos, depósitos de calcário, corrosão)
- Medir temperatura de entrada e de saída do líquido de refrigeração
- Verificar se há obstruções/materiais estranhos no sistema de ventilação
- Verificar controle das válvulas (ar recirculado/ar fresco)

Trocador de calor totalmente de alumínio

Ventilador Visco®

Geral

Para a dissipação de calor em motores de veículos comerciais e de veículos de passeio potentes, além de radiadores eficazes, também são necessários ventiladores e acionamentos que proporcionem ar para resfriamento com eficiência. Os ventiladores Visco® consistem de uma hélice e um acoplamento Visco®. Eles são utilizados em motores instalados longitudinalmente, são montados na frente do radiador (no sentido da marcha) e acionados por uma correia em V ou diretamente pelo motor.



Acoplamento Visco® com ventilador

Estrutura/funcionamento

A hélice do ventilador geralmente é feita de plástico e aparafusada ao acoplamento Visco®. O número e a posição das pás da hélice variam conforme o modelo. A carcaça do acoplamento Visco® é feita de alumínio e possui diversas aletas de refrigeração. O ventilador Visco® pode ser regulado unicamente em função da temperatura, por meio de um acoplamento bimetálico autorregulável. O parâmetro utilizado para isso é a temperatura ambiente do radiador do líquido de refrigeração. Outra variante é o acoplamento Visco® de controle elétrico. Ele é regulado eletronicamente e acionado eletromagneticamente. Nesse caso, são considerados para a regulagem os parâmetros lidos por diversos sensores. Maiores informações podem ser obtidas na seção de informações técnicas sobre o acoplamento Visco®.

Indícios de falhas

Um defeito no ventilador Visco® pode ser notado pelos seguintes indícios:

- Surgimento de ruídos fortes
- Alta temperatura do motor ou do líquido de refrigeração

Possíveis causas a considerar:

- Hélice do ventilador danificada
- Perda de óleo/vazamentos
- Contaminação da superfície de refrigeração ou bimetálica
- Danos nos mancais

Identificação de falhas

Passos para diagnosticar e reparar defeitos:

- Verificar o nível do líquido de refrigeração
- Verificar se há danos na hélice
- Verificar se há vazamentos de óleo
- Verificar se há folga ou ruídos nos mancais
- Verificar fixação da hélice e do acoplamento Visco®
- Verificar a presença e a fixação firme dos defletores e entradas de ar

Acoplamento Visco®

Acoplamento Visco®

Geral

O acoplamento Visco® é parte integrante do ventilador Visco®. Sua função é criar a conexão de atrito entre o acionamento e a hélice em função da temperatura, influenciando sua velocidade de rotação. No acoplamento fica instalado um ventilador de plástico que gera o fluxo de ar conforme a demanda. Os ventiladores Visco® são usados principalmente em veículos de passeio com instalação longitudinal e alta cilindrada, além de veículos comerciais.

Estrutura/funcionamento

O acoplamento Visco® geralmente é acionado diretamente pelo motor, por meio de um eixo (Figura 1). Quando o ar frio não é necessário, o acoplamento Visco® se desliga e passa a funcionar em baixa velocidade. Conforme a demanda aumenta, óleo de silicone é despejado da câmara de reservatório para a câmara de trabalho. Ali, por atrito líquido sem desgaste, o torque de propulsão é transmitido ao ventilador, cuja velocidade de rotação então se ajusta precisamente às condições de operação.

Figura 1

O ponto de acionamento é em torno de 80°C. No acoplamento Visco® convencional, o ar de exaustão do radiador encontra-se com um bimetal (Figura 2), cuja deformação térmica provoca a abertura e o fechamento de uma válvula através de um pino e uma alavanca. Dependendo da posição da válvula e, portanto, da quantidade de óleo na câmara de trabalho, são ajustados o torque transmissível e a velocidade do ventilador. A quantidade de abastecimento de óleo é de 30 a 50 ml (veículos de passeio).

Figura 2

Mesmo com a câmara de trabalho totalmente cheia, existe uma diferença entre a velocidade do acionamento e a do ventilador (escorregamento). O calor resultante é dissipado para o ar ambiente pelas aletas de refrigeração. No acoplamento Visco® com controle eletrônico, o controle é feito diretamente por sensores. Um regulador processa os valores e uma corrente pulsada de controle os transmite a um eletroímã integrado. O campo magnético guiado definido regula a válvula para controle do fluxo interno de óleo por meio de uma ancoragem. Um outro sensor para a velocidade de rotação do ventilador fecha o circuito de controle.

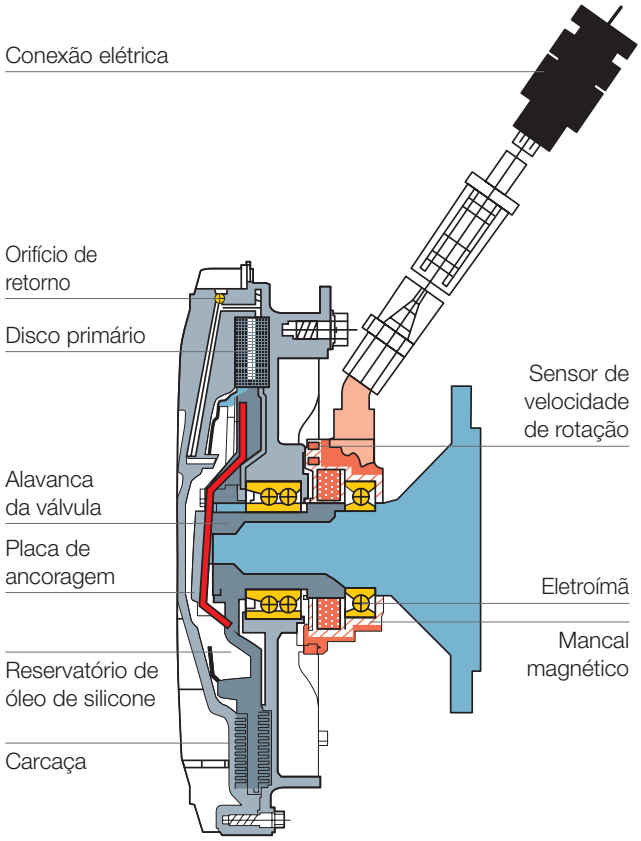
Indícios de falhas

Um defeito no acoplamento Visco® pode ser notado pelos seguintes indícios:

- Alta temperatura do motor ou do líquido de refrigeração
- Surgimento de ruídos fortes
- Hélice do ventilador funciona na velocidade máxima em todas as condições operacionais

Possíveis causas a considerar:

- Conexão de atrito deficiente por vazamento de óleo
- Perda de óleo por vazamentos
- Contaminação da superfície de refrigeração ou bimetálica
- Danos internos (p. ex. na válvula de regulagem)
- Danos nos mancais
- Hélice do ventilador danificada
- Conexão de atrito constantemente máxima por defeito no acoplamento



Acoplamento Visco® com controle eletrônico

Identificação de falhas

Passos para diagnosticar e reparar defeitos:

- Verificar nível do líquido de refrigeração e teor de anticongelante
- Verificar se há sujeira ou danos externos no ventilador Visco®
- Verificar se há folga ou ruídos nos mancais
- Verificar se há vazamentos de óleo
- Testar acoplamento Visco®, girando-o manualmente com o motor desligado; a hélice do ventilador deve ser fácil de girar com o motor frio e difícil de girar com o motor quente
- Se possível, teste o escorregamento do acoplamento, comparando a velocidade de rotação do ventilador e a do eixo de transmissão; com conexão de atrito máxima, em ventiladores com acionamento direto, a diferença deve ser de no máximo 5%; para isso, use um taquímetro óptico com faixas refletoras
- Verificar conexão elétrica (em acoplamentos Visco® com controle eletrônico)
- Verificar entradas/defletores de ar
- Assegurar que há fluxo de ar suficiente dos radiadores

Taquímetro óptico

Radiador do óleo

Geral

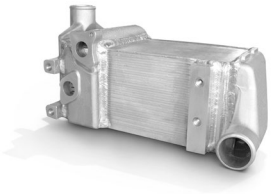
A refrigeração de óleos sujeitos a altas cargas térmicas (motor, transmissão, direção hidráulica) por radiadores de óleo e a manutenção de uma temperatura quase constante trazem vantagens significativas. Os intervalos de troca de óleo são prolongados e a durabilidade de diversos componentes aumenta. Conforme os requisitos, o radiador de óleo fica situado no radiador do motor ou junto a ele, ou diretamente no bloco do motor. Há dois tipos básicos de radiadores de óleo: refrigerados por ar e por líquido de refrigeração.

Radiador de óleo para direção hidráulica

Estrutura/funcionamento

Hoje em dia, a refrigeração convencional já não basta para unidades veiculares submetidas a altas cargas. Por exemplo, a refrigeração do óleo do motor é muito irregular, pois depende da temperatura e do vento externos. Radiadores de óleo resfriados por ar, situados no fluxo de ar na frente do veículo, contribuem para um resfriamento suficiente da temperatura do óleo. Os radiadores de óleo resfriados por líquido de refrigeração ficam conectados ao circuito do líquido de refrigeração do motor, oferecendo uma regulagem de temperatura ideal. Para isso, líquido de refrigeração circula no radiador de óleo. Com o motor aquecido, o líquido de refrigeração absorve o calor do óleo e o resfria. Com o motor frio, o líquido de refrigeração se aquece mais rápido que o óleo, fornecendo-lhe calor.

Isso permite que o óleo atinja mais rápido a sua temperatura de operação. Para transmissões automáticas e direções hidráulicas, é especialmente importante que a temperatura de operação seja atingida rapidamente ou mantida constante. Caso contrário, existe o risco p. ex. de que a direção fique pesada ou leve demais. Hoje os radiadores tubulares estão sendo cada vez mais substituídos por radiadores compactos de discos empilhados, feitos totalmente de alumínio, que oferecem maior refrigeração superficial ocupando menos espaço de instalação e podem ser instalados em diferentes locais no compartimento do motor.



Radiador de óleo para retardador

Radiador de óleo do motor

Indícios de falhas

Um defeito no radiador de óleo resfriado por ar pode ser notado pelos seguintes indícios:

- Pouca potência de refrigeração
- Perda de óleo
- Alta temperatura do óleo
- Líquido de refrigeração contaminado

Possíveis causas a considerar:

- Troca de calor insuficiente devido a impurezas externas ou internas (insetos, sujeira, lodo de óleo, corrosão)
- Perda de óleo por danos (acidentes)
- Entrada de óleo no sistema de refrigeração (vazamento interno)
- Perda de óleo por vazamento nas conexões

Identificação de falhas

Passos para diagnosticar e reparar defeitos:

- Verificar o nível do óleo e do líquido de refrigeração
- Verificar se há sujeira ou danos externos (fissuras capilares) no radiador de óleo
- Verificar se há sujeira/descoloração no líquido de refrigeração e o teor de anticongelante
- Verificar se há vazamentos externos (conexões)
- Verificar volume do fluxo (obstrução por materiais estranhos, corrosão, lodo de óleo etc.)

Radiador de óleo para retardador hidrodinâmico

Geral

Os retardadores hidrodinâmicos (que funcionam com líquidos) são usados em veículos comerciais como um freio hidrodinâmico praticamente sem desgaste, para apoiar o sistema de freios propriamente dito. A energia cinética é transformada em calor pela desaceleração da velocidade de fluxo do óleo e precisa ser conduzida de volta ao sistema de refrigeração por um trocador de calor. O uso do retardador é ativado pelo motorista ou ocorre automaticamente. A potência de frenagem chega a várias centenas de kW.

Estrutura/funcionamento

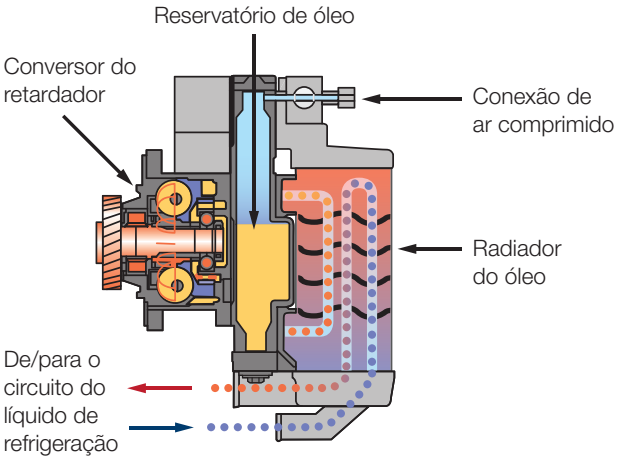
Além do freio de serviço dos veículos comerciais, que geralmente é um freio de fricção com desgaste, os fabricantes de veículos têm usado cada vez mais dispositivos de desaceleração adicionais, sem desgaste. Um dos tipos é o retardador hidrodinâmico, de diferentes formas de montagem ou instalação. Eles se distinguem entre retardadores externos e internos. Os retardadores externos podem ser posicionados livremente na região da cadeia cinemática, enquanto os retardadores internos têm integração parcial ou total à transmissão. Existem as variantes de retardadores “inline” (integrados à cadeia cinemática) e “offline” (flangeados na lateral da caixa de câmbio).

Todas as variantes têm vários objetivos em comum:

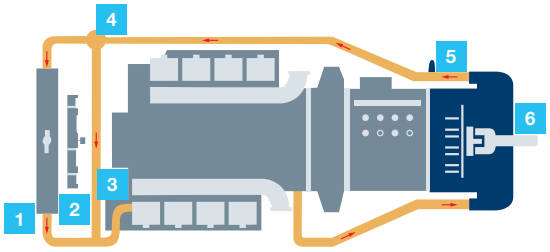
- Reduzir a velocidade do veículo
- Manter a velocidade constante em declives
- Reduzir o desgaste do freio de serviço
- Proteger o freio de serviço contra sobrecargas

Os retardadores hidrodinâmicos (ver Figura 2 na página seguinte) geralmente funcionam com óleo (às vezes também com água) e possuem um reservatório interno ou externo de óleo, que durante o processo de frenagem é impelido por ar comprimido para uma carcaça do conversor. A carcaça é composta de duas rodas de pás opostas, um rotor conectado à cadeia cinemática do veículo e um estator fixo. O rotor acelera o óleo alimentado. Devido ao formato das pás do rotor e à força centrífuga, o óleo é conduzido até o estator, causando a desaceleração do rotor e, consequentemente, do eixo de transmissão. A energia térmica gerada no retardador aquece o óleo, que volta a ser resfriado por um radiador de óleo (ver Figura 4 na página seguinte).

O radiador de óleo, feito totalmente de alumínio ou de aço, é flangeado ao retardador e transfere o calor absorvido para o circuito do líquido de refrigeração do veículo. Para evitar que o limite de temperatura especificado seja ultrapassado, é instalado um sensor de temperatura próximo ao radiador de óleo, para monitoramento da temperatura do líquido de refrigeração. O sensor garante que o retardador seja reajustado para menor rendimento ou desativado se o limite de temperatura é excedido.



Retardador com radiador de óleo embutido



1 Radiador do veículo
2 Ventilador do radiador
3 Bomba do líquido de refrigeração
4 Termostato do líquido de refrigeração
5 Sensor de temperatura do líquido de refrigeração
6 Retardador com radiador de óleo

Circuito do líquido de refrigeração com retardador

Indícios de falhas

Um defeito ou pane no retardador pode ser notado pelos seguintes indícios:

- Perda de líquido de refrigeração
- Perda de óleo
- Mistura de óleo e água
- Pane total da função de frenagem

Possíveis causas a considerar:

- Superaquecimento do sistema de refrigeração por falta de líquido de refrigeração, escolha ou mistura incorretas do líquido de refrigeração
- Superaquecimento do líquido de refrigeração por manuseio incorreto (desaceleração total do veículo com baixa rotação do motor, seleção da marcha incorreta) e consequente cavitação (formação de bolhas no líquido de refrigeração devido a sobrecarga térmica); ver Figura 3
- Danos nas vedações/conexões de mangueiras
- Constrições transversais causadas por sujeira no trocador de calor ou no sistema de refrigeração
- Carga térmica alta ou repentina (temperatura/pressão)
- Vazamentos internos no trocador de calor
- Pane no sensor de temperatura (Figura 1)

Identificação de falhas

Para a identificação de falhas, são recomendados os seguintes passos:

- Verificar se o líquido de refrigeração cumpre as especificações do fabricante do veículo (tipo de líquido de refrigeração, proporção da mistura)
- Verificar o nível do líquido de refrigeração
- Verificar se há vazamentos ou sujeira no sistema de refrigeração (óleo, calcário, ferrugem, selante)
- Verificar se a entrada/saída do líquido de refrigeração apresenta estrangulamentos transversais
- Verificar se o trocador de calor está firmemente instalado e sem rachaduras
- Verificar componentes elétricos (sensor)
- Verificar funcionamento de outros componentes do sistema de refrigeração (ventilador, termostato, bomba de água, tampa)

Ao substituir o radiador de óleo, é necessário lavar o sistema de refrigeração e substituir o óleo do retardador e do líquido de refrigeração. Para a lavagem, é possível usar p. ex. o produto de limpeza de sistemas de refrigeração. Deve-se sempre observar as instruções específicas do fabricante do veículo.

Figura 1

Figura 2

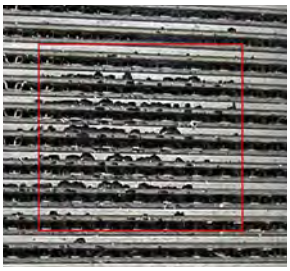


Figura 3

Figura 4

Resfriador do ar de admissão

Geral

Aumento de desempenho em todas as faixas de velocidade, menor consumo de combustível, maior eficiência do motor, redução das emissões de escape e da carga térmica sobre o motor – há inúmeros motivos para resfriar o ar de combustão dos motores turbocarregados com resfriadores do ar de admissão. Basicamente, há dois diferentes tipos de resfriamento: refrigeração direta do ar de admissão, na qual o resfriador do ar de admissão é instalado na parte dianteira do veículo e é refrigerado pelo ar ambiente (vento externo); e a refrigeração indireta, onde o líquido de refrigeração passa pelo resfriador do ar de admissão e dissipa o calor.

Resfriador do ar de admissão

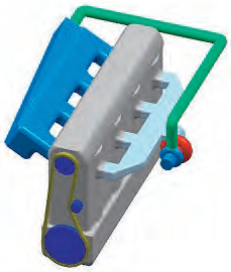
Estrutura/funcionamento

Estruturalmente, o resfriador do ar de admissão é similar ao radiador do líquido de refrigeração. No resfriador do ar de admissão, o fluido a ser resfriado não é líquido de refrigeração, mas o ar quente comprimido que vem do turbocompressor (até 150°C). A princípio, o calor do ar de admissão pode ser captado pelo ar externo ou pelo líquido de refrigeração do motor. O ar de admissão entra no resfriador e, na refrigeração direta, é atravessado pelo ar externo, chegando resfriado ao sistema de admissão. No resfriamento por líquido de refrigeração, a posição de montagem do resfriador é praticamente de livre escolha, também com a vantagem do seu menor tamanho. Na refrigeração indireta do ar de admissão, por exemplo, o resfriador por líquido de refrigeração e o sistema de admissão podem formar uma só unidade. Mas sem um circuito de refrigeração adicional, o ar de admissão só pode ser reduzido a um nível próximo da temperatura do líquido de refrigeração. Com o auxílio de um circuito do líquido de refrigeração do ar de admissão separado, independente do circuito do líquido de refrigeração do motor, o grau de eficiência do motor pode aumentar ainda mais, graças ao aumento da densidade do ar.

Um radiador de baixa temperatura e um resfriador do ar de admissão ficam incorporados a esse circuito. O calor residual do ar de admissão primeiro se transfere ao líquido de refrigeração, e depois é liberado para o ar ambiente em um radiador de líquido de refrigeração de baixa temperatura. O radiador de baixa temperatura fica instalado na dianteira do veículo. Como o radiador de baixa temperatura ocupa bem menos espaço que um resfriador do ar de admissão convencional, refrigerado a ar, libera-se espaço na parte dianteira. Além disso, deixam de ser necessários os volumosos dutos do ar de admissão.

Esquema ilustrativo

Refrigeração direta do ar de admissão



Refrigeração indireta do ar de admissão/coletor de admissão com resfriador integrado

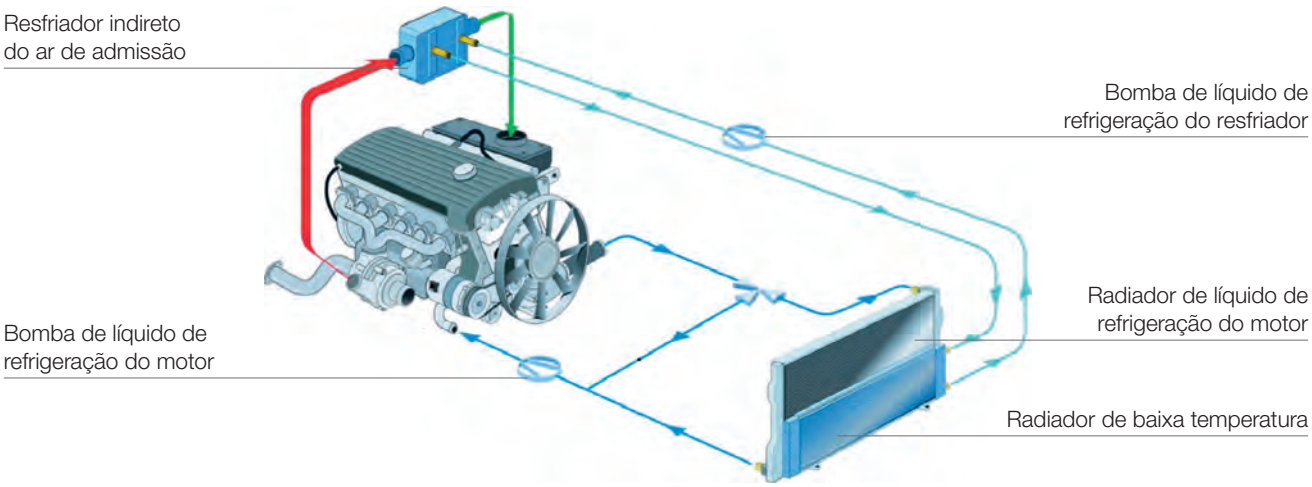
Indícios de falhas

Um defeito no resfriador do ar de admissão pode ser notado pelos seguintes indícios:

- Pouca potência do motor
- Perda de líquido de refrigeração (em resfriadores refrigerados por líquido de refrigeração)
- Maior emissão de poluentes
- Maior consumo de combustível

Possíveis causas a considerar:

- Danos ou obstruções nas mangueiras/conexões de líquido de refrigeração
- Perda de líquido de refrigeração ou ar infiltrado por vazamentos
- Danos externos (batidas de pedras, acidentes)
- Fluxo de ar reduzido (sujeira)
- Troca de calor insuficiente devido a impurezas internas (corrosão, selante, depósitos de calcário)
- Falha na bomba do líquido de refrigeração (no radiador de líquido de refrigeração de baixa temperatura)



Identificação de falhas

Passos para diagnosticar e reparar defeitos:

- Verificar o nível do líquido de refrigeração
- Verificar se há sujeira/descoloração no líquido de refrigeração e o teor de anticongelante
- Verificar se há danos ou sujeira externos
- Verificar se há vazamentos nos componentes do sistema e elementos de conexão (conexões de mangueiras)
- Testar bomba do líquido de refrigeração
- Testar ventiladores principais e auxiliares
- Verificar volume do fluxo (obstrução por materiais estranhos, corrosão)

Resfriador de recirculação de gases de escape (EGR)

Geral

Uma solução possível para cumprir os rigorosos limites da norma Euro 6 para emissões de óxido de nitrogênio (NO_x) é a recirculação refrigerada de gases de escape (EGR). Isso exige extrair parte do fluxo principal de exaustão entre o coletor de escape e o turbocompressor, resfriando-a em um trocador de calor especial (resfriador EGR) e devolvendo-a ao fluxo de ar de admissão. Isso reduz a temperatura de combustão no motor, assim como a formação de óxidos de nitrogênio.

Resfriador EGR desmontado

Estrutura/funcionamento

O resfriador EGR, instalado próximo ao motor, é feito de aço inoxidável ou alumínio. Ele possui várias conexões, por onde entram tanto gases de escape quentes quanto líquido de refrigeração. Depois de serem refrigerados no resfriador, os gases de escape são conduzidos em quantidade controlada até o sistema de admissão, chegando à câmara de combustão. Isso reduz as emissões de óxido de nitrogênio antes ainda de chegarem ao catalisador. No resfriador EGR estão instalados atuadores pneumáticos e/ou elétricos, que assumem o controle do percentual de recirculação de gases de escape.

Causas e consequências das avarias:

Embora o resfriador EGR não seja tipicamente uma peça de desgaste, podem ocorrer alguns defeitos causados, por exemplo, por oscilações extremas de temperatura ou aditivos agressivos ou insuficientes no líquido de refrigeração, que podem ocasionar vazamentos internos ou externos. Além disso, também podem ocorrer falhas nos atuadores. A perda gradual de líquido de refrigeração pode ser um indício de vazamento no resfriador EGR, geralmente acompanhado do aumento da temperatura do motor.

Num primeiro momento, a perda pode passar despercebida, já que, com o motor em funcionamento, a contrapressão de escape é mais alta que a pressão do líquido de refrigeração. Com o motor desligado, a pressão cai e o líquido de refrigeração escapa pelo canal de admissão ou de escape do motor. Se o radiador ficar em posição mais alta que as válvulas de entrada e de escape, isso pode ocasionar um acúmulo de líquido de refrigeração na câmara de combustão.

Ao dar partida novamente, o golpe de aríete pode causar danos mecânicos nos componentes do motor.

Rachaduras no resfriador EGR podem fazer com que a pressão dos gases de escape se dissipe sem controle, impedindo o funcionamento correto do turbocompressor. Como consequência, pode haver insuficiência de pressão de admissão ou potência do motor. Os atuadores instalados no resfriador EGR podem ser danificados, por exemplo, por vazamentos, membranas rasgadas (pneumáticas), falhas elétricas (ativação, contato) ou mecânicas (dificuldade ou impossibilidade de tração/acionamento).

Outra possível causa de falhas a ser considerada é a carbonização interna do resfriador EGR. Muitas das falhas mencionadas acima são reconhecidas pela unidade de controle e fazem com que a luz de controle do motor se acenda.

Identificação de falhas

Devido ao local de instalação do resfriador EGR, a identificação de falhas muitas vezes é complexa. No entanto, há muitas maneiras de verificar os componentes e detectar a causa do defeito:

1. Fazer leitura da memória de erros

- A verificação da memória de erros aponta a área onde o defeito se encontra

2. Observar os blocos de valores de medição

- Comparando os valores nominais com os valores reais, é possível extrair conclusões sobre o funcionamento e o estado dos componentes

3. Testes visuais e acústicos

- Realizando testes visuais e acústicos, é possível detectar vazamentos (líquido de refrigeração, escapamento, pressão/vácuo) e a presença de impurezas

4. Testes mecânicos

- Os acionamentos mecânicos (servomotor) devem ser examinados para verificar seu funcionamento e mobilidade

5. Verificar pressão/vácuo

- Usando uma bomba de pressão/vácuo, é possível testar componentes pneumáticos (cápsula de vácuo/válvulas/transdutores de pressão) e mangueiras

6. Uso do multímetro

- Com um multímetro, é possível verificar a alimentação de tensão dos componentes elétricos

7. Testes com o osciloscópio

- O uso do osciloscópio é recomendado principalmente para verificar o acionamento dos componentes (sinal PWM)

Antes de iniciar o diagnóstico, deve-se consultar a documentação específica do veículo (mapa de conexões, valores padrão) para adquirir uma noção geral do sistema e dos componentes instalados. Isso permitirá realizar uma identificação de falhas bem estruturada.

Resfriador EGR com acionamento mecânico

Resfriador EGR com servomotor e cápsula de vácuo

Aquecedores auxiliares PTC

Geral

Devido à alta eficiência dos motores modernos de injeção direta (p. ex. TDI), o calor residual dissipado não é mais suficiente para um aquecimento rápido da cabine do veículo em dias frios. Os aquecedores auxiliares PTC, que são instalados na frente do trocador de calor (no sentido da marcha), permitem aquecer mais depressa o compartimento de passageiros. Eles são compostos de várias resistências que dependem da temperatura e são controladas eletricamente. A energia é captada de maneira imediata da rede elétrica do veículo e transferida como calor diretamente para a cabine do veículo, por meio do fluxo de ar do ventilador.

Aquecedor auxiliar PTC

Estrutura/funcionamento

Os elementos PTC são resistências de cerâmica não-lineares. PTC é a sigla de Positive Temperature Coefficient, que significa que a resistência elétrica aumenta com a temperatura do elemento. Mas não é exatamente isso que acontece, pois primeiro a resistência cai conforme a temperatura sobe. A curva característica de resistência tem característica de temperatura negativa nessa faixa. A característica de temperatura negativa só se altera para positiva quando a resistência mínima é atingida. Isso significa que, conforme a temperatura continua a subir, a resistência primeiro cai lentamente, depois cresce de forma acentuada a partir de aprox. 80°C, até que a pedra PTC não absorva mais praticamente nenhuma corrente adicional. Nesse ponto, quando não há ar fluindo pelo aquecedor PTC, a temperatura superficial é de aprox. 150°C, e a da moldura metálica, aprox. 110°C. O aquecedor PTC é composto de vários elementos de aquecimento, uma moldura de fixação, uma moldura isolante e o relé ou eletrônica de potência.

Os elementos de aquecimento são compostos de pedras cerâmicas PTC, chapas de contato, terminais e aletas corrugadas de alumínio. As aletas corrugadas aumentam a superfície de liberação de calor da chapa de contato. Para aumentar a transferência de calor no lado do ar, as aletas corrugadas têm sulcos, que parecem nervuras. Graças à melhor transferência de calor, o aumento excessivo da corrente de conexão pode ser significativamente reduzido em comparação com aquecedores auxiliares sem sulcos. Isso traz a vantagem de poder conectar fios PTC individuais com mais frequência. Por isso, o aquecedor pode ser operado com maior potência total. O know-how de tecnologia de produção para esses sulcos vem da fabricação de radiadores. O aquecedor auxiliar fica localizado no sistema de ar-condicionado/aquecimento, no fluxo de ar logo atrás do trocador de calor convencional, minimizando o espaço exigido para instalação. No aquecedor PTC, quando as temperaturas externas estão baixas e o motor está frio, inicialmente só passa ar frio ou levemente aquecido pelo trocador de calor. A temperatura e a resistência do elemento de aquecimento são baixas, mas a potência de aquecimento é alta. Quando o aquecedor convencional responde, a temperatura do ar e a resistência sobem, e a potência de aquecimento cai de maneira correspondente. À temperatura superficial de um aquecedor PTC onde passa ar aquecido a 25°C, atinge-se um fluxo volumétrico de aprox. 480 kg de ar por hora. A rede de aquecimento atinge uma temperatura média de 50°C nessa temperatura do ar. É possível escolher diferentes resistências nominais dos elementos PTC, que alteram o consumo de corrente e a potência de maneira correspondente. Uma baixa resistência nominal permite uma alta potência de aquecimento na operação. A potência dos aquecedores PTC fica entre 1 e 2 kW. Com 2 kW, atinge-se o limite de potência da rede de 12 V (150 A a 13 V). Uma rede de bordo de 42 V permite potências mais elevadas. Como a massa é reduzida e o calor gerado eletricamente se transfere diretamente, sem desvios, para o fluxo de ar, o aquecimento PTC tem reação quase imediata. Essa alta espontaneidade é o atributo característico do aquecedor auxiliar PTC. Além disso, como o motor atinge mais rápido a temperatura de operação graças à carga adicional do gerador, o aquecimento convencional também reage mais rapidamente. Essa potência de aquecimento adicional corresponde a cerca de dois terços da potência do aquecedor PTC. Na prática, essa potência de aquecimento pode ser atribuída ao aquecedor PTC. A curva de resistência característica dos elementos PTC evita o superaquecimento do aquecedor PTC. A temperatura na superfície da moldura metálica se mantém sempre abaixo de 110°C. Além disso, nas temperaturas

de saída mais altas atingidas pelo trocador de calor, a potência do aquecedor PTC é reduzida. A eletrônica de potência garante que o aquecedor PTC seja regulado para diferentes níveis ou em gradação contínua, podendo ser adaptado à potência de aquecimento necessária ou à potência elétrica disponível. O controle do aquecedor PTC é feito por um relé externo ou por regulagem integrada com eletrônica de potência. No controle por relé, o fabricante do veículo determina quantos e quais níveis devem ser ativados. Já o sistema de controle integrado ao aquecedor auxiliar distingue entre funcionalidade mínima e alta. Na funcionalidade mínima, os níveis são ativados individualmente.

A eletrônica de potência protege o aquecedor auxiliar contra sobretensão, curtos-circuitos e inversão de polaridade. Não há possibilidade de diagnóstico prevista para esse controle. O controle escalonado admite até oito níveis. O controle ocorre em função da corrente existente e da necessidade de aquecimento, ou seja, do conforto térmico desejado. No controle com alta funcionalidade, a eletrônica de potência é regulada em gradação contínua, sem níveis predefinidos, graças ao barramento LIN ou CAN do veículo. Dessa forma, para o aquecimento adicional, é possível aproveitar sempre de maneira ideal a corrente fornecida pela rede elétrica do veículo em cada situação. Além da proteção contra sobretensão, curtos-circuitos e inversão de polaridade, a eletrônica de potência com alta funcionalidade inclui proteção contra sobrecorrente para cada nível, proteção da placa de circuito impresso contra superaquecimento e monitoramento de tensão. O controle com alta funcionalidade viabiliza o diagnóstico.

Indícios de falhas

Um defeito no aquecedor auxiliar PTC pode ser notado pelos seguintes indícios:

- Redução da potência de aquecimento com o motor frio
- Armazenamento de um código de erro na memória de erros

Possíveis causas a considerar:

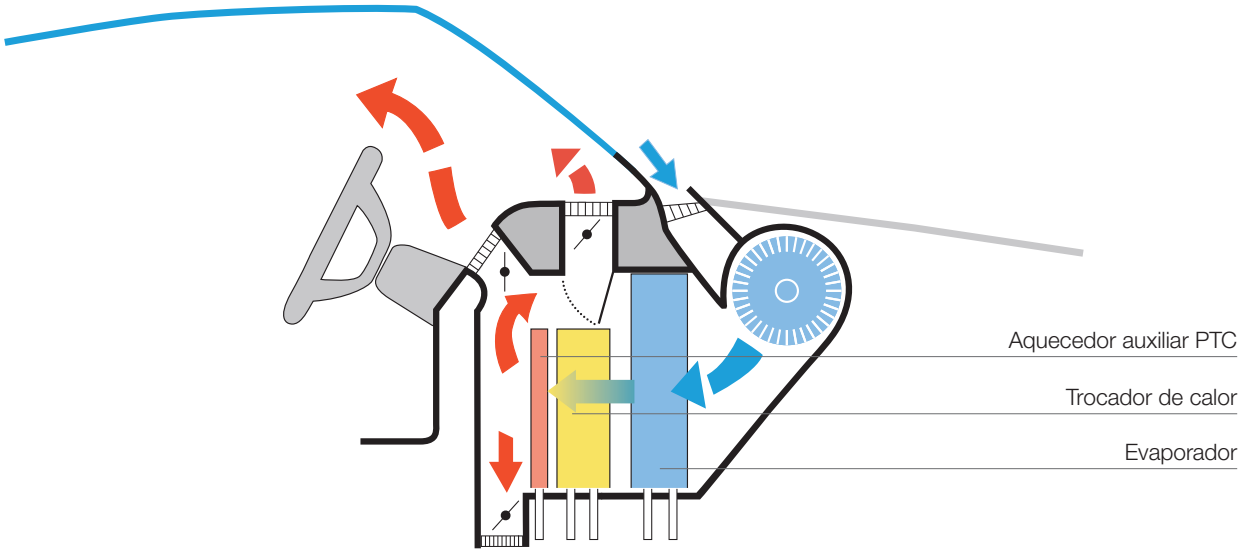
- Defeito no controle elétrico ou nas conexões elétricas do aquecedor auxiliar PTC
- Defeito no aquecedor auxiliar PTC (eletrônica de potência, resistências)

Identificação de falhas

Passos para diagnosticar e reparar defeitos:

- Testar fusível
- Fazer leitura da memória de erros
- Ler blocos de valores de medição
- Verificar controle elétrico (relé)
- Verificar conexões elétricas

A unidade de controle da rede elétrica de muitos veículos regula o aquecimento auxiliar PTC através da chamada "gestão de carga" e a desconecta em caso de sobrecarga da rede de bordo. O status da gestão de carga frequentemente pode ser consultado por meio dos blocos de valores de medição. Assim, em caso de potência de aquecimento deficiente, a leitura da memória de erros e dos blocos de valores de medição pode determinar se uma sobrecarga da rede de bordo provocou a desconexão do aquecedor auxiliar. Defeitos no aquecedor auxiliar são outra possível causa de sobrecargas.



Disposição do trocador de calor/aquecedor auxiliar na cabine do veículo

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

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

MAHLE/2020-06/PT