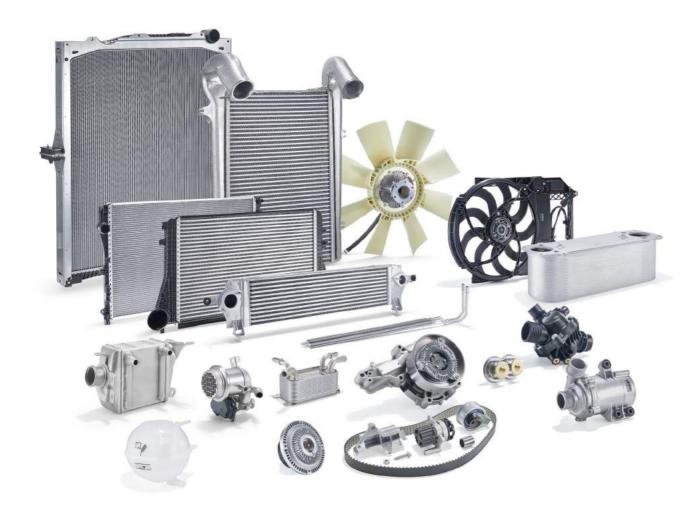
# MAHLE



# Cosa si intende per gestione termica?

Con "gestione termica" si fa riferimento da un lato al mantenimento di una temperatura ottimale del motore in tutti gli stati operativi e dall'altro al riscaldamento e raffreddamento dell'abitacolo. Un moderno sistema di gestione termica è quindi costituito dai componenti del raffreddamento del motore e da quelli dell'impianto di climatizzazione.

I componenti di questi due gruppi spesso formano un'unità, influenzandosi reciprocamente. In questa brochure vi presentiamo i moderni sistemi di raffreddamento e i relativi aspetti tecnici. A tal riguardo vengono illustrati anche il funzionamento, le cause di guasto, le particolarità e le possibilità di diagnosi.



### Esclusione di responsabilità/diritti di immagine

Le informazioni contenute nel presente documento sono state raccolte dall'editore anche a partire dalle indicazioni fornite da case automobilistiche e importatori. La stesura di tali dati è avvenuta con la massima accuratezza al fine di garantire la correttezza delle informazioni. Tuttavia, l'editore non si assume alcuna responsabilità per eventuali errori e conseguenze da essi derivanti. Ciò vale per l'uso di dati e informazioni che risultino essere errati o presentati in modo non corretto, o per errori verificatisi accidentalmente durante la raccolta dei dati. Senza alcuna limitazione in merito a quanto sopra, l'editore non si assume alcuna responsabilità per eventuali perdite in termini di profitto, di valore d'avviamento o per qualunque altro danno, incluso quello economico, derivante da tale situazione. L'editore declina ogni responsabilità per eventuali danni o malfunzionamenti derivanti dalla mancata osservanza delle istruzioni contenute nei documenti di formazione e dal mancato rispetto delle specifiche avvertenze di sicurezza. La maggior parte delle immagini mostrate in questa brochure sono state prodotte da MAHLE e MAHLE Service Solutions.

# Indice

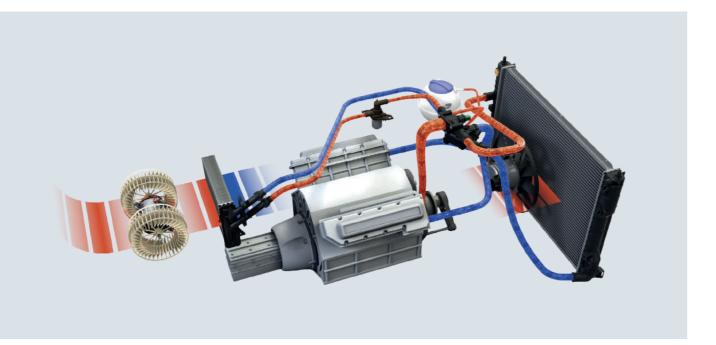
Autovetture	
Veicoli commerciali	
Struttura di un modulo di raffreddamento moderno	)
Raffreddamento: uno sguardo al passat	0
Il raffreddamento del motore ad acqua	
Il sistema di raffreddamento moderno del motore	
Sistemi di raffreddamento	
Il sistema di raffreddamento del motore	
Radiatore del liquido di raffreddamento	
Radiatore in alluminio	
Serbatoio di compensazione (vaso di espansione)	
Termostati	
Pompe del liquido di raffreddamento  Pompe del liquido di raffreddamento elettriche	
Scambiatore di calore dell'abitacolo	
Ventola del motore	
Ventola del motore  Ventilatore Visco®	
Ventilatore Visco®	• • •
Ventilatore Visco® Giunto Visco® elettronico	
Ventilatore Visco® Giunto Visco® elettronico Ventola elettrica del radiatore	
Ventilatore Visco® Giunto Visco® elettronico Ventola elettrica del radiatore  Altri sistemi di raffreddamento	
Ventilatore Visco® Giunto Visco® elettronico Ventola elettrica del radiatore  Altri sistemi di raffreddamento  Radiatore olio per motore, cambio e	
Ventilatore Visco® Giunto Visco® elettronico Ventola elettrica del radiatore  Altri sistemi di raffreddamento  Radiatore olio per motore, cambio e retarder idrodinamici  Raffreddamento del servosterzo  Raffreddamento del carburante	
Ventilatore Visco® Giunto Visco® elettronico Ventola elettrica del radiatore  Altri sistemi di raffreddamento  Radiatore olio per motore, cambio e retarder idrodinamici  Raffreddamento del servosterzo	

Aria aspirata e gestione termica	
Controllo della temperatura dell'aria per il processo di combustione del motore Sottosistemi della gestione della temperatura	27
dell'aria aspirata (ATM)  Gestione della temperatura della batteria nei veicoli ibridi	28
Riscaldatore ausiliario PTC	
Struttura e funzionamento Potenza e reattività Sicurezza d'esercizio	33 34 35
Comando Nuovi sviluppi	35 35
Diagnosi, manutenzione e riparazione	
Liquido di raffreddamento, antigelo e protezione anticorrosione	36
Manutenzione del radiatore Sfiato del sistema durante il riempimento Danni tipici	37 38 39
Controllo del sistema di raffreddamento e diagnosi	40
Raffreddamento a regolazione elettronica	
Il livello della temperatura del liquido di raffreddamento Alloggiamento del distributore del liquido	42
di raffreddamento Unità di regolazione del liquido di raffreddamento Comando elettronico: schema generale Regolazione della temperatura del liquido di	43 44 45
raffreddamento in base alle esigenze termiche Termostato a controllo elettronico	46 48

Informazioni tecniche

Moderni sistemi di raffreddamento

# Moderni sistemi di raffreddamento

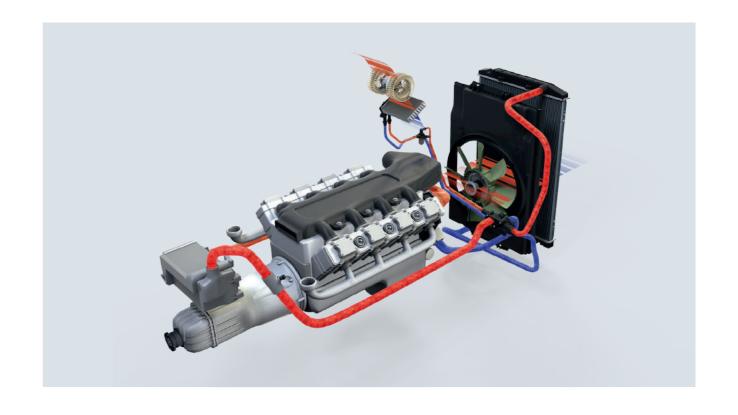


### Autovetture

Tutto il calore generato dal motore e dai sistemi ad esso collegati deve essere dissipato. Sui motori di oggi la tolleranza applicabile sulla temperatura di esercizio deve essere minima, per poter tenere sotto controllo il funzionamento del sistema e la temperatura ambiente (motore e abitacolo). Un aumento della temperatura di esercizio può infatti pregiudicare i valori delle emissioni.

Ciò può causare a sua volta delle anomalie nella gestione del motore. In più, nei motori a iniezione diretta sia diesel che benzina, che generano poco calore, il sistema di raffreddamento deve riscaldare l'abitacolo in inverno e raffreddarlo in estate. Tutti questi fattori devono essere tenuti in considerazione quando si sviluppa un sistema di gestione termica. A ciò si aggiunge la necessità di ottenere una maggiore potenza ed efficienza a fronte di un ingombro sempre più ridotto.

Lo sapevate? MAHLE è un fornitore di primo equipaggiamento leader a livello mondiale nel campo del raffreddamento del motore e della climatizzazione del veicolo.

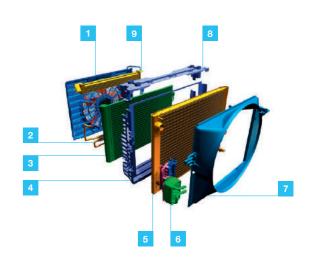


### Veicoli commerciali

Un tipico esempio dello stato dell'arte della gestione termica sui veicoli commerciali.

# Struttura di un modulo di raffreddamento moderno

Un tipico esempio dello stato dell'arte di un modulo di raffreddamento, costituito da radiatore del liquido di raffreddamento, radiatore dell'olio motore, condensatore del climatizzatore, radiatore per l'olio del cambio, radiatore del servosterzo e ventola del condensatore/radiatore liquido di raffreddamento.



- Telaio a pressione con ventola elettrica
- 2 Radiatore del servosterzo
- Modulo condensatore del climatizzatore
- 4 Telaio portante
- Radiatore del liquido di raffreddamento in alluminio
- 6 Raffreddamento dell'olio del cambio
- 7 Telaio aspirante per ventola motore
- 8 Copertura del telaio portante
- 9 Radiatore olio motore

Raffreddamento: uno sguardo al passato

# Raffreddamento: uno sguardo al passato

# Il raffreddamento del motore ad acqua

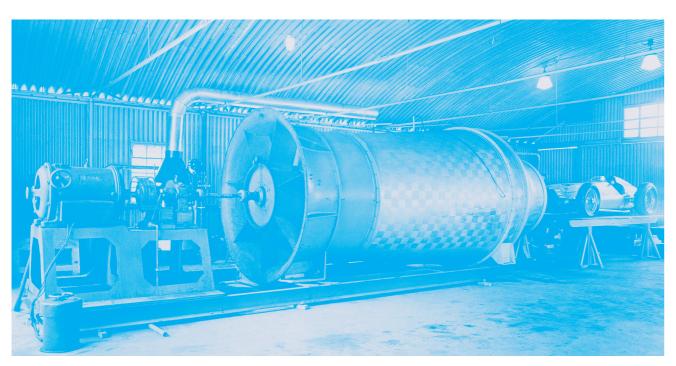
Le temperature generate dalla combustione del carburante (fino a 2.000 °C) possono compromettere il funzionamento del motore. Per questo motivo lo si riporta alla normale temperatura di esercizio attraverso un processo di raffreddamento. Il primo sistema di raffreddamento ad acqua era detto "a termosifone". In questo sistema l'acqua, resa più leggera dall'apporto di calore, risale un tubo collettore fino a raggiungere la parte superiore del radiatore. Qui, investita dall'aria esterna, si raffredda e rifluisce verso il basso tornando in direzione del motore. Questo circuito resta in funzione finché è acceso il motore. Inizialmente il processo di raffreddamento era facilitato da ventole e non prevedeva alcuna regolazione. Poi si è provveduto ad accelerare la circolazione dell'acqua inserendo una pompa.

#### Punti deboli:

- tempo di riscaldamento lungo
- temperatura del motore bassa durante la stagione fredda

Lo sviluppo successivo dei motori vede l'introduzione di un regolatore dell'acqua di raffreddamento, ossia di un termostato. La circolazione dell'acqua attraverso il radiatore viene regolata in funzione della temperatura dell'acqua di raffreddamento. Nel 1922 questo processo veniva descritto così: "Questi dispositivi hanno lo scopo di riscaldare rapidamente il motore e di prevenirne il raffreddamento". Si parla già di un raffreddamento regolato mediante termostato che svolge le seguenti funzioni:

- riduzione del tempo di riscaldamento
- mantenimento di una temperatura d'esercizio costante



Galleria del vento di BEHR nel 1937



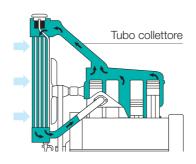
Galleria del vento di MAHLE oggi

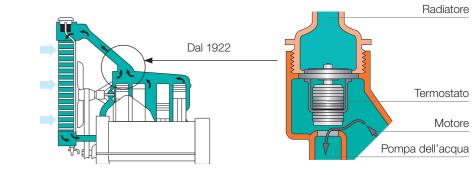
# Il sistema di raffreddamento moderno del motore

L'introduzione del termostato, che offre la possibilità di "bypassare" il circuito del liquido di raffreddamento, ha apportato un decisivo miglioramento al sistema di raffreddamento del motore. Finché il motore non raggiunge la temperatura di esercizio impostata, l'acqua non circola nel radiatore, ma ritorna al motore seguendo un percorso più breve. Solo al raggiungimento della temperatura di esercizio desiderata il termostato apre il collegamento con il radiatore. Questo sistema è utilizzato ancora oggi in tutti gli impianti.

La temperatura di esercizio del motore condiziona non solo la potenza e i consumi, ma è utile anche per ridurre la quantità di emissioni di inquinanti.

Gli odierni sistemi di raffreddamento del motore sfruttano il fatto che, se l'acqua viene sottoposta a pressione, inizia a bollire non a 100 °C, ma a una temperatura compresa tra i 115–130 °C. La pressione a cui è sottoposto il circuito di raffreddamento si aggira attorno a 1,0–1,5 bar. Si tratta di un sistema di raffreddamento chiuso. L'impianto è dotato di un serbatoio di compensazione, riempito solo a circa la metà. Come fluido di raffreddamento non si utilizza solo acqua, ma una miscela di acqua e additivo di raffreddamento. I moderni liquidi di raffreddamento proteggono dal gelo, hanno un punto di ebollizione più elevato e proteggono dalla corrosione i componenti del motore e del sistema di raffreddamento.





Attorno al 1910 con pompa dell'acqua

### 09

# Sistemi di raffreddamento

# Il sistema di raffreddamento del motore

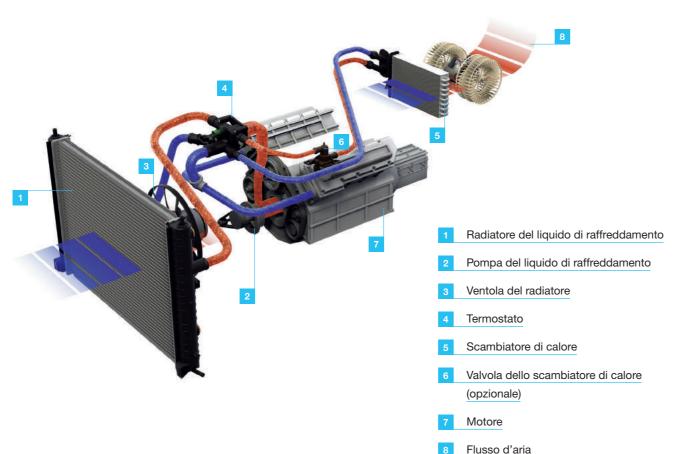
La continua riduzione delle dimensioni del vano motore e la necessità di dissipare grandi quantità di calore rendono sempre più difficile il compito di posizionare i componenti. I moderni sistemi di raffreddamento del vano motore devono soddisfare requisiti molto elevati. Negli ultimi anni sono stati fatti quindi notevoli passi avanti in questo ambito.

### I requisiti di un sistema di raffreddamento sono:

- fase di riscaldamento ridotta
- rapido riscaldamento dell'abitacolo
- bassi consumi di carburante
- vita utile dei componenti più lunga

# Tutti i sistemi di raffreddamento del motore sono costituiti dai seguenti componenti di base:

- radiatore del liquido di raffreddamento
- termostato
- pompa del liquido di raffreddamento (meccanica o elettrica)
- serbatoio di compensazione (vaso di espansione)
- condott
- ventola del motore (azionata a cinghia trapezoidale o di tipo Visco<sup>®</sup>)
- sensore di temperatura (comando motore con indicatore)





Radiatore del liquido di raffreddamento

# Radiatore del liquido di raffreddamento

Quando nel 1905 venne ideato il raffreddamento del motore, la temperatura di combustione nel motore era di circa 600–800 °C. Dalla fine del secolo scorso fino al 1938 circa venivano utilizzati radiatori in acciaio; poi vennero introdotti i radiatori in metalli non ferrosi (rame/ottone). Svantaggi: peso elevato e scorte limitate, con conseguente prezzo elevato del materiale.

#### Requisiti del radiatore:

- alto rendimento
- sufficiente resistenza
- resistenza permanente alla corrosione
- bassi costi di produzione
- produzione ecosostenibile

### Versione:

- serbatoio di compensazione in vetroresina (VTR)
- sempre più spesso in alluminio

#### Compito:

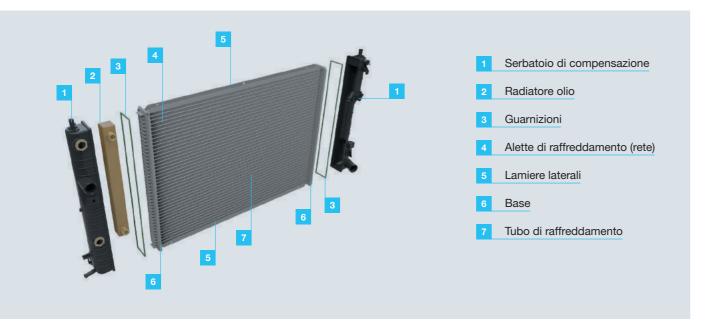
raffreddare il liquido di raffreddamento nel circuito motore

### Vantaggi:

- precisione dimensionale per un montaggio più semplice
- grado di efficienza ottimale
- adattato alle specifiche del cliente (OEM)

### Struttura tipica

Nel radiatore del liquido di raffreddamento, il radiatore dell'olio può essere presente anche come componente separato. Le singole parti vengono assemblate in modo tale che il radiatore del liquido di raffreddamento assuma la sua forma caratteristica. Il raffreddamento avviene tramite apposite alette (rete), attraverso le quali il flusso d'aria sottrae calore al liquido di raffreddamento. Il liquido di raffreddamento circola dall'alto verso il basso (flusso verticale) o in senso orizzontale (da destra a sinistra o viceversa). Per consentire all'aria di raffreddare efficacemente il liquido di raffreddamento, in entrambe le varianti si devono avere una sezione sufficientemente ampia e un tempo di attraversamento abbastanza lungo.



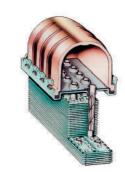
### Strutture

Esistono due strutture tipiche: quella saldata e quella assemblata meccanicamente. Entrambe vengono utilizzate nei radiatori a flusso verticale. I primi radiatori disponevano di un serbatoio di compensazione in ottone, che venne in seguito sostituito da uno in plastica. I radiatori a flusso trasversale sono più piccoli del 40% rispetto a quelli a flusso verticale. Vengono dunque utilizzati nelle autovetture odierne, che richiedono una forma più piatta. Il serbatoio di compensazione è fissato e sigillato con una flangiatura a intagli ondulati sviluppata da MAHLE. Un altro tipo di fissaggio avviene tramite flangiatura ad alette. I radiatori a flusso verticale vengono impiegati nelle autovetture più alte (ad esempio i fuoristrada) o nei veicoli commerciali. In linea di massima si distinguono due metodi di produzione: nel primo i componenti sono assemblati meccanicamente, nel secondo sono saldati. I dati tecnici relativi alle prestazioni raggiunte dai due metodi sono pressoché identici. L'unica differenza è che la versione assemblata meccanicamente ha un peso minore. Spetta ai costruttori dei veicoli decidere quale procedimento utilizzare per la produzione di serie.

La struttura geometrica delle alette o dei tubi del radiatore è determinante ai fini delle prestazioni. Nel decidere quale struttura usare, è necessario tenere conto dello spazio disponibile all'interno del veicolo.



Versione saldata



Versione assemblata meccanicamente



Radiatore completamente in alluminio

### Radiatore in alluminio

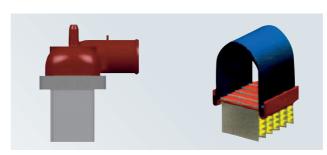
Come si vede dalla figura, nei radiatori completamente in alluminio la profondità della rete è notevolmente ridotta. Questa tipologia costruttiva permette di mantenere bassa la profondità totale del modulo di raffreddamento; il radiatore completamente in alluminio dell'Audi A8, ad esempio, è più leggero dell'11% e ha una profondità di montaggio inferiore di 20 mm.

### Questa tipologia presenta le seguenti caratteristiche:

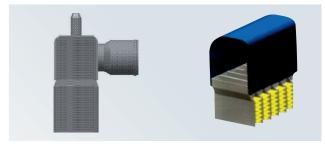
- manca il pannello superiore
- la profondità della rete è uguale a quella del radiatore
- peso ridotto del 5–10%
- maggiore resistenza all'uso
- pressione di scoppio: 5 bar

- interamente riciclabile
- danni di trasporto ridotti (raccordi di troppo pieno)
- possibilità di usare diversi tipi di tubo
- tubo circolare per una maggiore potenza, con inserto per turbolenze
- tubo ovale (offre una maggiore superficie per il raffreddamento)
- tubo piatto, produzione meccanica, a incasso (offre una superficie ancora maggiore ed è sufficiente una sola fila)
- tubo piatto, saldato, senza fondente (migliore raffreddamento, lamelle a contatto sul 100% del perimetro), ma di costo elevato
- utilizzo di una lega speciale di alluminio (rete)
- temperatura di 600–650 °C, quindi raffreddamento a circa 130 °C (le tensioni vengono compensate)

Le figure mostrano la differenza tra un radiatore del liquido di raffreddamento con fondo standard e un radiatore completamente in alluminio. Appare evidente la notevole riduzione della profondità complessiva. Ciò consente un montaggio a ingombro ridotto all'interno di un modulo di raffreddamento moderno.



Profondità della rete 40 mm, profondità totale 63,4 mm



Profondità della rete 40 mm, profondità totale 40 mm



Serbatoi di compensazione per veicoli commerciali

# Serbatoio di compensazione (vaso di espansione)

Per evitare il surriscaldamento localizzato dei componenti è necessario che non vi siano bolle d'aria nel circuito del liquido di raffreddamento. Il liquido refrigerante entra nel serbatoio ad alta velocità e ne esce a bassa velocità (diametro diverso dei bocchettoni).

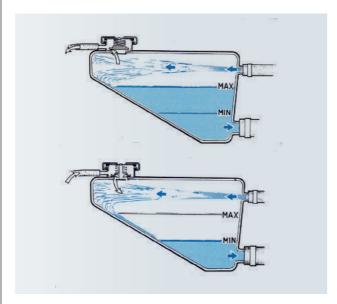
I serbatoi di compensazione dei veicoli commerciali dispongono di 3 camere e di una maggiore quantità d'acqua rispetto a quelli delle autovetture; il volume del liquido di raffreddamento, ad esempio, è di 8 litri. Il serbatoio di compensazione raccoglie il liquido di raffreddamento espanso proveniente dal circuito di raffreddamento. La pressione viene scaricata da una valvola, che mantiene così la pressione del sistema su un valore preimpostato.



Serbatoio di compensazione per autovetture

### **Funzionamento**

Quando aumenta la temperatura del liquido di raffreddamento, l'espansione del liquido fa crescere la pressione all'interno del sistema di raffreddamento. Il liquido di raffreddamento viene compresso nel serbatoio. La pressione nel serbatoio aumenta. La valvola di sovrappressione del tappo si apre facendo fuoriuscire aria. Quando la temperatura del liquido di raffreddamento si normalizza, nel sistema si genera una pressione negativa. Il liquido di raffreddamento viene aspirato dal serbatoio. Si genera così una pressione negativa anche nel serbatoio. Di conseguenza, si apre la valvola di compensazione della pressione negativa nel tappo del serbatoio. L'aria rifluisce nel serbatoio fino a compensare la sottopressione.



Funzionamento del serbatoio di compensazione



Termostato ad azionamento elettronico con elemento in cera

### Termostati

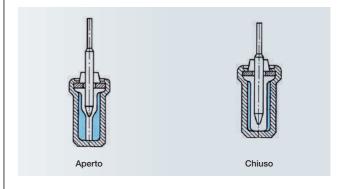
I termostati controllano la temperatura del liquido di raffreddamento e quindi anche la temperatura del motore. I termostati meccanici non sono cambiati molto nel corso degli anni e continuano tuttora a essere installati. Il funzionamento si basa su un elemento in cera espandente, che apre una valvola e consente al liquido di raffreddamento di ritornare al radiatore per essere raffreddato. Il termostato si apre a partire da una determinata temperatura, che viene prestabilita per il sistema e non può essere modificata. I termostati a comando elettronico vengono regolati dalla gestione del motore e si aprono in base alle condizioni operative del motore. I regolatori di temperatura a comando elettronico aiutano a ridurre il consumo di carburante e le emissioni inquinanti, migliorando il grado di efficienza meccanica del motore.

#### Vantaggi:

- riduzione del consumo di carburante del 4% circa
- riduzione delle emissioni nocive
- miglioramento del comfort (grazie al miglioramento della potenza di riscaldamento)
- prolungamento della vita utile del motore
- mantenimento delle condizioni fluidodinamiche e termodinamiche
- regolazione della temperatura in base al fabbisogno
- massima velocità di variazione della temperatura
- aumento minimo dell'ingombro (<3%)

#### **Funzionamento**

Quando la temperatura sale al di sopra degli 80 °C, la cera di riempimento si scioglie. L'aumento di volume della cera fa sì che la scatola in metallo si sposti lungo il pistone. Il termostato apre il circuito del radiatore e chiude contemporaneamente il circuito di bypass. Quando la temperatura scende al di sotto degli 80 °C, la cera di riempimento si solidifica. Una molla di ritorno spinge la scatola in metallo in posizione iniziale. Il termostato chiude il flusso diretto al radiatore. Il liquido di raffreddamento rifluisce direttamente verso il motore attraverso il condotto di bypass.





Termostato con elemento in cera

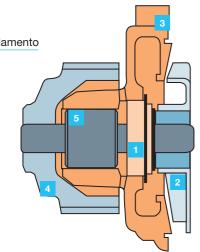


Pompa del liquido di raffreddamento

# Pompe del liquido di raffreddamento

Le pompe del liquido di raffreddamento convogliano il liquido di raffreddamento attraverso il circuito e generano pressione. Anche le pompe del liquido di raffreddamento sono oggetto di innovazioni tecniche, ma sul mercato esistono ancora molte autovetture e veicoli commerciali con pompe azionate a cinghia. La nuova generazione di pompe del liquido di raffreddamento è caratterizzata dal controllo elettronico. Qui la pompa del liquido di raffreddamento viene azionata in funzione delle necessità, in modo simile al compressore nel circuito di climatizzazione. In questo modo si raggiunge una temperatura d'esercizio ottimale.

- 1 Guarnizione assiale ad anello scorrevole
- 2 Girante
- 3 Alloggiamento
- 4 Ruota motrice5 Cuscinetto a rotolamento





Kit cinghia dentata con pompa del liquido di raffreddamento

# Le pompe del liquido di raffreddamento sono costituite da cinque gruppi essenziali

La ruota motrice e la girante si trovano su un albero montato sugli stessi cuscinetti. L'albero della pompa è sigillato verso l'esterno da una guarnizione ad anello scorrevole. La rotazione della girante immette il liquido di raffreddamento nell'impianto di raffreddamento.

La vita utile di una pompa del liquido di raffreddamento è fortemente influenzata dai seguenti fattori:

- montaggio a regola d'arte
- cura e manutenzione del sistema di raffreddamento
- qualità del liquido di raffreddamento
- condizione e funzionalità della cinghia di trasmissione e dei componenti accessori associati



Pompa del liquido di raffreddamento elettrica

# Pompe del liquido di raffreddamento elettriche

Le pompe del liquido di raffreddamento meccaniche, azionate direttamente dal motore, fanno circolare costantemente il liquido di raffreddamento mentre il motore è in funzione, anche quando il raffreddamento non è necessario. Le pompe del liquido di raffreddamento elettriche a regolazione elettronica integrata vengono invece azionate in modo continuo in base alla capacità di raffreddamento richiesta. Possono essere utilizzate come pompe principali, di bypass o di circolazione e funzionano in modo indipendente dal motore e in base al fabbisogno.

In caso di avvio a freddo, la pompa del liquido di raffreddamento elettrica inizialmente non convoglia il liquido refrigerante. In questo modo, il motore raggiunge più rapidamente la temperatura d'esercizio. Non essendo accoppiata al numero di giri del motore, la pompa del liquido di raffreddamento elettrica può fornire una potenza di raffreddamento sufficiente anche a motore fermo o spento. Questo sistema di raffreddamento del motore regolato in base al fabbisogno riduce il fabbisogno di potenza, diminuendo le perdite per attrito e il consumo di carburante. Le pompe del liquido di raffreddamento elettriche contribuiscono così a ridurre le emissioni dei moderni sistemi di raffreddamento.

Un ulteriore vantaggio offerto dalle pompe del liquido di raffreddamento elettriche sta nel fatto di poter essere installate al di fuori del motore, secondo le esigenze del singolo veicolo. Sono relativamente leggere e grazie all'assenza di spazzole non necessitano di manutenzione. Con una tensione di esercizio di 12–360 Volt, attualmente è possibile ottenere una potenza compresa tra 15 e 1.000 Watt. Il motore elettrico della pompa del liquido di raffreddamento viene raffreddato dal liquido di raffreddamento. La regolazione continua avviene mediante un segnale modulato sull'ampiezza dell'impulso (PWM). Questa tecnologia consente di regolare il volume di circolazione in base al fabbisogno reale e indipendentemente dal numero di giri del motore, mantenendo costante la temperatura del liquido di raffreddamento impostata secondo le specifiche del sistema. Collegando la pompa del liquido di raffreddamento elettrica all'elettronica dell'impianto di bordo è possibile predisporla alla diagnosi. A seconda del tipo di propulsione (motore a combustione, ibrido, elettrico) e di sistema è possibile installare una o più pompe all'interno del veicolo.



Pompa del liquido di raffreddamento elettrica per BMW

### Le pompe del liquido di raffreddamento elettriche trovano impiego in molti ambiti:

- raffreddamento del motore
- raffreddamento dell'aria di sovralimentazione
- raffreddamento del ricircolo dei gas di scarico
- raffreddamento di trazione e batteria nei veicoli ibridi ed elettrici
- raffreddamento del cambio
- raffreddamento di vari sistemi di azionamento ausiliari



Scambiatore di calore dell'abitacolo

# Scambiatore di calore dell'abitacolo

Lo scambiatore di calore fornisce il calore da inviare all'abitacolo con il flusso d'aria della ventola. Se il veicolo è dotato di climatizzatore, ormai quasi sempre presente, il comando del climatizzatore crea una miscela di aria calda e fredda. Qui si uniscono tutti e tre i fattori: calore, freddo e relativo comando = climatizzazione dell'abitacolo.

### Caratteristiche di uno scambiatore di calore completamente in alluminio:

- completamente riciclabile
- garanzia della temperatura desiderata nell'abitacolo
- scambiatori di calore saldati completamente in alluminio
- minore ingombro nell'abitacolo del veicolo
- elevata potenza di riscaldamento
- pannelli terminali saldati e non incastrati
- integrato nel gruppo di riscaldamento
- sistema a tubi/alette
- le lamelle nelle alette aumentano le prestazioni
- ultima versione, come nel radiatore del liquido di raffreddamento: completamente in alluminio



Scambiatore di calore completamente in alluminio

# Ventola del motore

La ventola del motore serve a convogliare l'aria circostante attraverso il radiatore del liquido di raffreddamento e sul motore. È azionata dalla cinghia trapezoidale o, in caso di ventola elettrica, da un motore elettrico comandato da un regolatore. Il ventilatore Visco® viene installato principalmente su veicoli commerciali, ma trova applicazione anche nelle autovetture. La ventola del motore garantisce la circolazione di una quantità d'aria sufficiente a raffreddare il liquido di raffreddamento. Con una ventola azionata da una cinghia trapezoidale, la quantità d'aria dipende dal numero di giri del motore. Si distingue dalla ventola del condensatore poiché è costantemente in funzione. Il ventilatore Visco® viene regolato in base alla temperatura di esercizio.

### Ventilatore Visco®

#### **Funzionamento**

Punto di piena attivazione a circa 80 °C. Riempito con olio di silicone (da 30 a 50 ml) come mezzo di trasmissione e azionato da un elemento bimetallico mediante un perno a pressione.

#### Storia

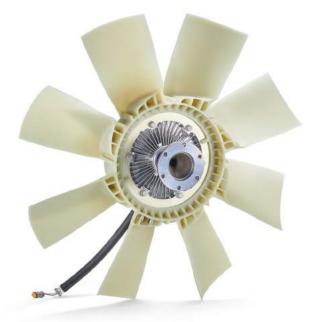
Azionato in modo fisso (permanente), richiede un alto livello di energia (CV), è rumoroso e ha consumi elevati. Al contrario, le ventole elettriche (autovetture) consumano meno, sono silenziose e hanno un fabbisogno energetico inferiore. Gli sviluppatori avevano l'obiettivo di ridurre i consumi e la rumorosità, utilizzando ad es. una ventola intubata.

# L'evoluzione che ha portato al giunto Visco® elettronico offre i seguenti vantaggi:

- la regolazione avviene in modo continuo
- regolazione mediante sensori
- il regolatore elabora i dati, come il liquido di raffreddamento,
   l'olio, l'aria di sovralimentazione, il regime del motore, il retarder
   e il climatizzatore

Ciò si traduce in un raffreddamento regolato in base al fabbisogno, un miglioramento del livello di temperatura del liquido di raffreddamento, una minore rumorosità e un minor consumo di carburante. In passato, le ventole delle autovetture erano composte di due parti; il giunto Visco<sup>®</sup> e la girante erano avvitati. Oggi costituiscono un gruppo unico e non possono più essere riparate.





Ventilatore Visco® completo (giunto e girante)

18 Ventola del motore



Giunto Visco®

### Giunto Visco® elettronico

Il disco primario e l'albero flangiato trasmettono la forza del motore. Ad essi è fissata anche la ventola. L'olio siliconico circolante trasmette la potenza di entrambi i gruppi. La leva della valvola controlla il circuito dell'olio tra il serbatoio di riserva e il vano di lavoro.

Il flusso dell'olio siliconico dal serbatoio di riserva al vano di lavoro e ritorno avviene attraverso due fori, il foro di ritorno nell'alloggiamento e il foro di entrata nel disco primario.

La leva della valvola comanda la gestione motore mediante degli impulsi inviati sul gruppo magnetico. Il sensore Hall determina e comunica alla gestione motore il regime attuale della ventola. Un regolatore invia una corrente di comando temporizzata al gruppo magnetico, che comanda la leva della valvola che controlla a sua volta il flusso e la quantità di olio. Più olio siliconico è presente nel vano di lavoro, tanto maggiore sarà il regime della ventola. Se il vano di lavoro è vuoto, la ventola è al minimo; al momento dell'azionamento si verifica uno slittamento del 5% circa.



Giunto Visco®



Condotto dell'aria della girante



Giunto Visco® a comando elettronico con ventola



Ventola elettrica del radiatore con telaio

### Ventola elettrica del radiatore

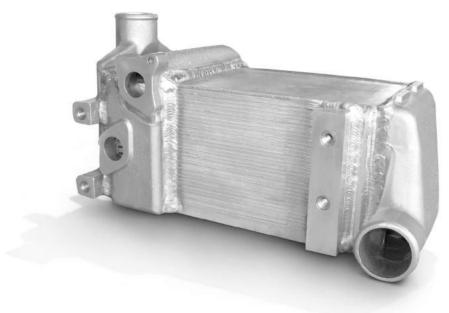
Le ventole elettriche vengono utilizzate soprattutto nel segmento delle autovetture. Fungono per lo più da ventole di aspirazione, ma anche da ventole di mandata. Consentendo il passaggio di un maggiore flusso d'aria attraverso il radiatore del motore quando sono in funzione, assicurano che il liquido di raffreddamento resti a una temperatura ottimale in tutti gli stati operativi del veicolo. Nella parte anteriore del veicolo trovano posto altri radiatori (ad es. per l'aria di sovralimentazione, lo sterzo, il carburante, il condensatore), i cui fluidi (aria, olio, carburante, refrigerante) vengono raffreddati anch'essi con ventole elettriche.

Le ventole (singole o doppie) sono controllate mediante un pressostato, un interruttore di temperatura o una centralina. Ciò consente di regolare la velocità della ventola in modo incrementale (interruttore) o continuo (modulazione a larghezza di impulso) in base alle condizioni di funzionamento. Nelle ventole a comando elettronico la centralina è spesso posta vicino all'unità della ventola. Con l'ausilio di un dispositivo diagnostico/oscilloscopio è possibile leggere la memoria guasti o verificare la funzionalità di controllo.

Eventuali guasti possono essere ricondotti a danni meccanici (incidenti, danni ai cuscinetti, paletta rotta) o a guasti elettrici (errori di contatto, cortocircuito, interruttore o centralina difettosi).

La ventola o le ventole elettriche del radiatore sono generalmente montate su telai. Essi hanno il compito di condurre alla ventola, in modo mirato e possibilmente senza perdite di flusso, l'aria che circola attraverso il radiatore. Per questo motivo il telaio della ventola viene fissato in modo da essere più vicino possibile al radiatore.

# Altri sistemi di raffreddamento



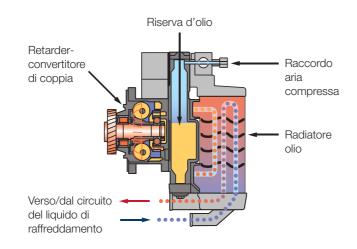
Radiatore olio completamente in alluminio per retarder idrodinamico

### Radiatore olio per motore, cambio e retarder idrodinamico

I raffreddamento e il riscaldamento più rapido dell'olio motore e dell'olio del cambio (ad es. cambio automatico, retarder) vengono garantiti da un radiatore montato o integrato (motore o cambio) nel serbatoio di compensazione. I radiatori dell'olio possono essere di diverse tipologie: tubolari o a disco, completamente in alluminio o in acciaio.

### Vantaggi:

- raffreddamento di oli soggetti ad elevate sollecitazioni termiche
- gli intervalli di sostituzione dell'olio vengono prolungati e la vita utile del motore aumenta
- peso e ingombro ridotti grazie alla struttura completamente in alluminio
- struttura compatta grazie agli efficienti dischi sovrapposti che creano una grande superficie di raffreddamento



Retarder con radiatore dell'olio installato





Radiatore del servosterzo

Radiatore carburante

# Raffreddamento del servosterzo

Anche l'olio del servosterzo deve essere raffreddato per non pregiudicare il grado di efficienza del servosterzo. In caso contrario, lo sterzo diventa o troppo duro o troppo morbido.

### Caratteristiche:

- completamente in alluminio con raccordi ad innesto rapido
- pressione superiore a 8 bar con temperatura di ingresso dell'olio da –40 °C a +160 °C
- pressione di controllo di 20 bar con una pressione di scoppio di 50 bar

# Raffreddamento del carburante

Il raffreddamento del carburante viene effettuato principalmente nei motori diesel. Qui si raffredda il carburante per abbassare la temperatura di ingresso negli impianti con pompa a iniezione o Common Rail. In caso contrario, la temperatura del carburante salirebbe in modo eccessivo a causa della pressione elevata. Un aumento eccessivo della temperatura del carburante pregiudica la potenza del motore, causando una combustione anticipata nella camera di combustione.



Intercoole

# Raffreddamento dell'aria di sovralimentazione

La tendenza verso il downsizing e l'aumento della potenza del motore determina nelle autovetture un incremento del numero di motori sovralimentati, in cui la turbocompressione avviene generalmente utilizzando aria di sovralimentazione raffreddata. La maggiore densità dell'aria di sovralimentazione aumenta così la potenza e il grado di efficienza del motore. Insieme al numero dei motori sovralimentati crescono però anche le esigenze di raffreddamento dell'aria di sovralimentazione, per la continua necessità di ridurre consumi ed emissioni. Tutto ciò può essere ottenuto raffreddando l'aria di sovralimentazione con il liquido di raffreddamento anziché con l'aria. Visti però i costi del sistema, finora questa tecnologia era riservata alle autovetture dei segmenti di prezzo superiori. I nuovi sviluppi permettono anche di regolare il raffreddamento dell'aria di sovralimentazione. Questo consente sia di ridurre le emissioni di NOx e HC, sia di aumentare l'efficacia del post-trattamento dei gas di scarico. Oltre ad aumentare la capacità di raffreddamento, all'intercooler viene richiesto anche di regolare la temperatura dell'aria di processo del motore regolando il raffreddamento dell'aria di sovralimentazione. La regolazione della temperatura si rende necessaria per soddisfare le crescenti esigenze poste dal post-trattamento dei gas di scarico. La temperatura dell'aria di sovralimentazione riveste qui un ruolo importante. Il raffreddamento dell'aria di sovralimentazione mediante liquido di raffreddamento offre quindi notevoli vantaggi anche ai veicoli commerciali.

#### Tipologie:

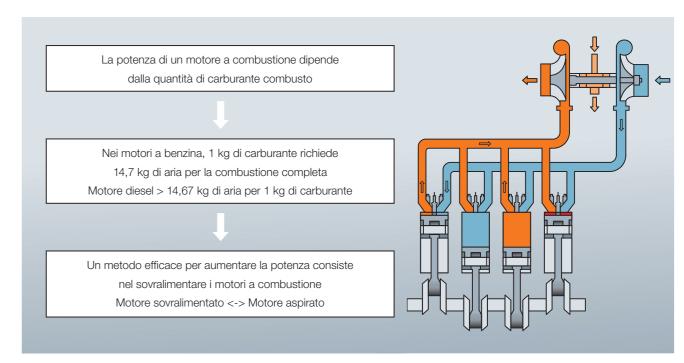
Raffreddato ad aria e a liquido di raffreddamento; a raffreddamento diretto e indiretto.

### Compito:

Aumento della potenza del motore grazie alla turbocompressione (più aria di combustione, maggiore percentuale di ossigeno).

### Caratteristiche:

- maggiore capacità di raffreddamento dinamica
- miglior grado di efficienza del motore grazie all'aumento della densità dell'aria di sovralimentazione
- temperatura di combustione inferiore, con conseguente miglioramento dei valori dei gas di scarico
- minore percentuale di ossido di azoto da –40 °C a 160 °C
- pressione di controllo di 20 bar con una pressione di scoppio di 50 bar



La sovralimentazione a gas di scarico

## Principi di base: la sovralimentazione a gas di scarico

La potenza di un motore a combustione dipende dalla quantità di carburante combusto. Nei motori a benzina, 1 kg di carburante richiede 14,7 kg di aria per la combustione completa, si tratta del cosiddetto rapporto stechiometrico. Un metodo efficace per aumentare la potenza consiste nel sovralimentare i motori a combustione.

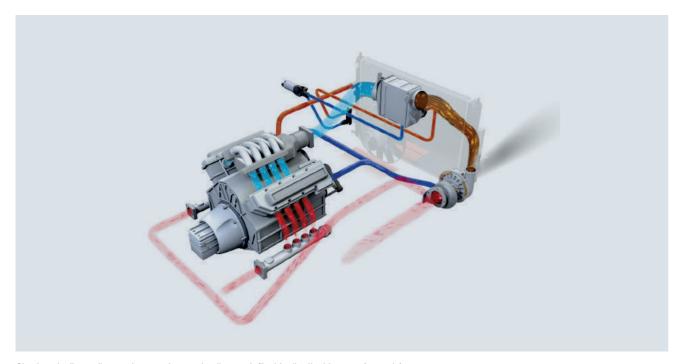
### Esigenza: aumento della capacità di raffreddamento

Nelle autovetture la necessità di fornire una potenza di raffreddamento sempre maggiore si scontra con le crescenti limitazioni di spazio nella parte anteriore del veicolo. Oggi infatti sono ancora predominanti gli intercooler compatti. Una possibile soluzione al problema della ridotta profondità di installazione è quello di ingrandire l'intercooler compatto, appiattendolo e ponendolo davanti al radiatore del liquido di raffreddamento, come già avviene nei veicoli commerciali pesanti. Cresce dunque il ricorso a questa soluzione. In molti veicoli essa non è però praticabile,

poiché lo spazio di installazione necessario è già stato destinato ad altri scopi o è stato utilizzato per soddisfare esigenze diverse (ad esempio per integrare la protezione dei pedoni). Due nuovi sistemi consentono di risolvere questo conflitto tra spazio di installazione e necessità di potenza: il raffreddamento frontale e il raffreddamento indiretto dell'aria di sovralimentazione.



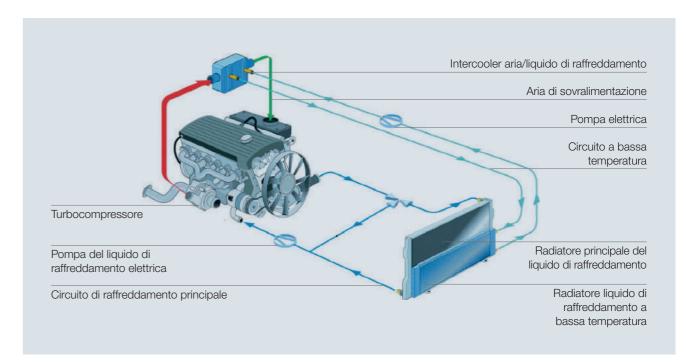
Circuito aria di sovralimentazione con intercooler diretto aria/aria (esempio)



Circuito aria di sovralimentazione con intercooler diretto aria/liquido di raffreddamento (esempio)

### Intercooler frontale

Il nuovo intercooler frontale, alimentato con il liquido di raffred-damento del circuito del motore, trasferisce una parte del calore dell'aria di sovralimentazione dall'intercooler al radiatore del liquido di raffreddamento. Rimuovendo dall'aria di sovralimentazione l'eccesso di calore dovuto all'aumento di potenza, l'intercooler frontale permette di non modificare la struttura dell'intercooler a blocchi. L'intercooler frontale, anch'esso un radiatore compatto, si colloca tra il turbocompressore e l'intercooler aria/aria. Consente di aumentare notevolmente la potenza dei sistemi esistenti. L'ingombro di un intercooler aria/liquido di raffreddamento è pari al 40–60% di quello di un intercooler aria/aria.



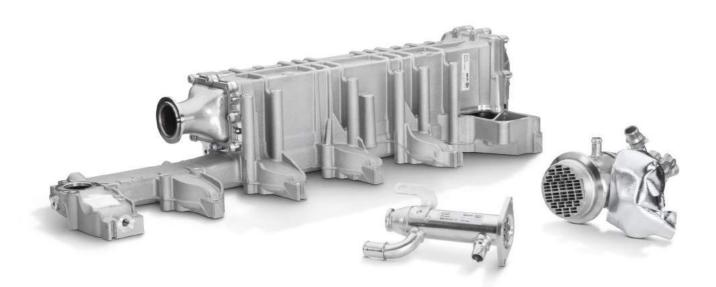
Circuito del liquido di raffreddamento di un intercooler indiretto

# Raffreddamento indiretto dell'aria di sovralimentazione

Il secondo metodo per risolvere il conflitto tra spazio di installazione e necessità di potenza è ricorrere al raffreddamento indiretto dell'aria di sovralimentazione. Nelle autovetture questo sistema di raffreddamento è costituito generalmente da un circuito del liquido di raffreddamento completo e autonomo rispetto a quello del raffreddamento del motore. In questo circuito sono integrati un radiatore del liquido di raffreddamento a bassa temperatura e un intercooler aria/liquido di raffreddamento. Il calore di scarico dell'aria di sovralimentazione viene trasmesso prima al refrigerante, e poi convogliato all'aria esterna attraverso un radiatore del liquido di raffreddamento a bassa temperatura. Questo radiatore viene montato nella parte anteriore del veicolo, dove, nei tradizionali sistemi di raffreddamento dell'aria di sovralimentazione, si trovava l'intercooler aria/aria. Poiché il radiatore a bassa temperatura è molto meno ingombrante di un intercooler aria/aria, nella parte anteriore del veicolo si libera dello spazio. Scompaiono inoltre i voluminosi condotti di sovralimentazione dell'aria che collegavano la parte anteriore del veicolo al motore. Nel complesso, si semplifica notevolmente la struttura della parte anteriore, il che di conseguenza migliora il flusso di aria di raffreddamento attraverso il vano motore.

## Rispetto all'intercooler frontale (raffreddamento diretto), l'intercooler indiretto ha i seguenti effetti positivi:

- notevole riduzione della caduta di pressione dell'aria di sovralimentazione
- dinamica del motore migliorata grazie al minor volume di aria di sovralimentazione
- maggiore capacità di raffreddamento dinamica
- grado di efficienza del motore migliorato grazie all'aumento della densità dell'aria di sovralimentazione



Varie tipologie di radiatore EGR

# Radiatore per il ricircolo dei gas di scarico (EGR)

Il sistema di ricircolo dei gas di scarico raffreddati (EGR) è una delle soluzioni che consente di rispettare i valori limite imposti dalla norma Euro 6 in materia di emissione di ossidi di azoto (NOx). In questo sistema, una parte del flusso principale dei gas di scarico tra collettore di scarico e turbocompressore viene convogliata in uno speciale scambiatore di calore (radiatore EGR) per essere raffreddata e quindi reimmessa nell'aria aspirata. Ciò consente di abbassare la temperatura di combustione nel motore e di ridurre la formazione di ossidi di azoto.

Il radiatore EGR è in acciaio inossidabile o in alluminio e dispone di vari attacchi, attraverso i quali entrano i gas di scarico bollenti e il liquido di raffreddamento. Dopo essersi raffreddati, i gas di scarico fuoriescono dal radiatore per essere immessi in modo controllato nel sistema di aspirazione e quindi nella camera di combustione. Ciò consente di ridurre le emissioni di ossidi di azoto già a monte del catalizzatore. Nel radiatore EGR sono installati degli attuatori pneumatici e/o elettrici, responsabili del suo azionamento.

Il radiatore EGR non è un pezzo tipicamente soggetto a usura. Alcune condizioni problematiche (es. estreme oscillazioni termiche o additivi del liquido di raffreddamento aggressivi o assenti) possono però causare delle mancanze di tenuta interne o esterne. Può inoltre verificarsi un guasto degli attuatori.



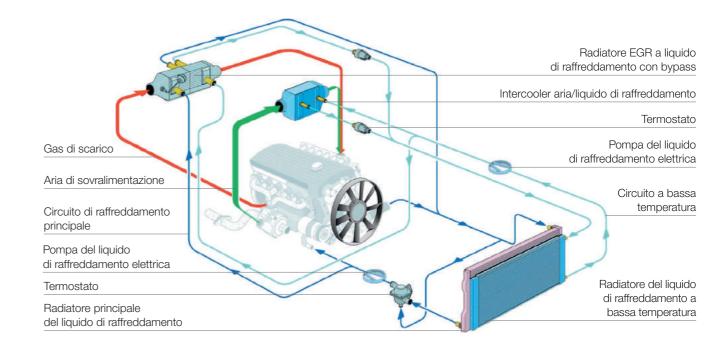
Radiatore EGR

# Aria aspirata e gestione termica

### Controllo della temperatura dell'aria per il processo di combustione del motore

Dopo un avvio a freddo e anche in presenza di temperature esterne estremamente basse durante la marcia, è consigliabile arrestare l'intercooler. In questo modo il motore e il catalizzatore raggiungono più rapidamente la temperatura di esercizio ottimale, producendo meno emissioni, principalmente idrocarburi (HC), durante la fase di avvio a freddo. In un intercooler aria/aria ciò è possibile solo applicando un bypass sul lato sovralimentazione, operazione che comporta un costo considerevole. In caso di raffreddamento indiretto dell'aria di sovralimentazione invece, regolando semplicemente la portata volumetrica del liquido di raffreddamento è possibile non solo interrompere il raffreddamento dell'aria di sovralimentazione, ma anche regolarne la temperatura. Collegando il circuito del liquido di raffreddamento dell'intercooler a quello del raffreddamento del motore e regolando in modo intelligente la portata del liquido di raffreddamento, è possibile sfruttare l'intercooler a raffreddamento indiretto per regolare la temperatura dell'aria di sovralimentazione. Nell'intercooler può infatti passare il liquido di raffreddamento caldo del circuito del motore oppure il liquido di raffreddamento relativamente freddo del circuito di bassa temperatura.

La regolazione della temperatura dell'aria di sovralimentazione è importante per il post-trattamento dei gas di scarico svolto dal filtro antiparticolato e dai catalizzatori. Entrambi necessitano di una determinata temperatura minima del gas di scarico per garantire un funzionamento ottimale. Nel catalizzatore questa temperatura minima è identica a quella della sua temperatura di innesco, nel filtro antiparticolato corrisponde alla temperatura di rigenerazione necessaria per la combustione della fuliggine accumulata. Quando il veicolo funziona a carico parziale (traffico urbano, soste frequenti), non sempre si raggiungono queste temperature nei gas di scarico. Anche in guesti casi è possibile ridurre le emissioni interrompendo il raffreddamento o addirittura riscaldando l'aria di sovralimentazione, perché in entrambi i casi la temperatura del gas di scarico aumenta. Entrambe le opzioni possono essere realizzate in modo molto semplice mediante un raffreddamento indiretto dell'aria di sovralimentazione.



28 Aria aspirata e gestione termica

### Sottosistemi della gestione della temperatura dell'aria aspirata (ATM)

## Raffreddamento indiretto dell'aria di sovralimentazione

Il raffreddamento dell'aria di sovralimentazione aumenta la densità dell'aria nel cilindro e abbassa la temperatura di combustione. L'ATM non raffredda l'aria di sovralimentazione con l'aria, come accade solitamente, ma con un liquido di raffreddamento, una miscela di acqua e glicole come quella utilizzata per raffreddare il motore. Il calore in eccesso dell'aria di sovralimentazione viene prima trasmesso al liquido di raffreddamento, poi viene convogliato all'aria esterna attraverso un radiatore del liquido di raffreddamento a bassa temperatura.

### I vantaggi del raffreddamento indiretto dell'aria di sovralimentazione:

- maggiore capacità di raffreddamento rispetto ai convenzionali intercooler aria/aria
- maggiore velocità di riempimento del cilindro grazie alla minore perdita di pressione di sovralimentazione
- tempi di reazione ridotti dell'intercooler grazie al suo posizionamento accanto al motore

#### Ricircolo dei gas di scarico raffreddati

Il ricircolo riduce la concentrazione di ossigeno nel cilindro, abbassando la temperatura e la velocità della combustione. La gestione della temperatura dell'aria aspirata (ATM) è adatta al ricircolo dei gas di scarico sia ad alta pressione che a bassa pressione. Nel ricircolo ad alta pressione, i gas di scarico vengono prelevati a monte del turbocompressore, raffreddati nel radiatore EGR e poi miscelati all'aria di sovralimentazione. Quando occorre aumentare la temperatura dell'aria aspirata per migliorare il post-trattamento dei gas di scarico, il radiatore EGR viene aggirato tramite un bypass. Il ricircolo dei gas di scarico a bassa pressione è un'opzione per i sistemi futuri. In questo caso il gas di scarico non viene prelevato a monte del turbocompressore, come avviene nel ricircolo dei gas di scarico ad alta pressione, bensì a valle di esso e a valle anche del filtro antiparticolato. Il gas viene poi raffreddato e miscelato con l'aria di sovralimentazione a monte del compressore del turbocompressore.

### Riscaldamento dell'aria di sovralimentazione

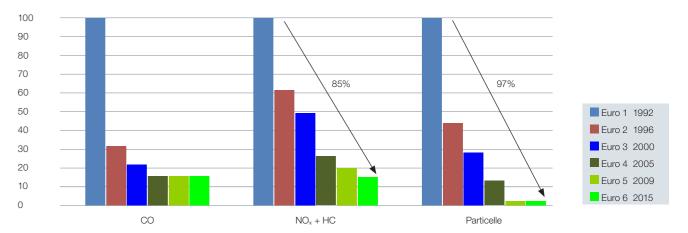
Con l'ATM ci sono quattro modi di aumentare l'aria aspirata: arrestando l'intercooler, raffreddando i gas di scarico, eseguendo questi due processi contemporaneamente nonché riscaldando l'aria di sovralimentazione. Per il riscaldamento si devia una parte del flusso di liquido di raffreddamento surriscaldato dal circuito di raffreddamento del motore e lo si invia all'intercooler. Nei test eseguiti su un'unità diesel da 2 litri su un banco di prova motore con pressione media effettiva di 2 bar, sono state misurate le temperature dei gas di scarico a valle della turbina, ottenute variando le temperature dell'aria aspirata con i diversi metodi detti sopra. Disattivando l'intercooler si è ottenuto un aumento minimo della temperatura dei gas di scarico di circa 6 °C. Quando l'aria di sovralimentazione è stata riscaldata con il liquido di raffreddamento motore a 85 °C (temperatura del termostato), la temperatura dei gas di scarico a valle della turbina è aumentata di circa 16 °C. Il potenziale max, derivante dal riscaldamento dovrebbe essere di 20 °C. L'aumento massimo, di circa 57 °C, è stato ottenuto disattivando il raffreddamento dei gas di scarico (radiatore EGR disattivabile). Se si combina questo metodo con il riscaldamento dell'aria di sovralimentazione, la temperatura dei gas di scarico può salire di oltre 70 °C. Con una pressione media effettiva di 4 bar, si riesce persino a raggiungere un aumento di circa 110 °C.

### L'Euro 6 e il suo significato

La norma Euro 6 impone alle autovetture diesel un ulteriore notevole abbassamento delle emissioni di idrocarburi (HC), ossidi di azoto (NO<sub>x</sub>) e particolato rispetto alle norme Euro 4 ed Euro 5. Per soddisfare questi requisiti diventa essenziale regolare la temperatura dell'aria aspirata dal motore. Il sistema di gestione della

temperatura dell'aria aspirata (ATM) sviluppato da MAHLE riduce le emissioni nel momento della loro formazione, supporta il post-trattamento dei gas di scarico e facilita la rigenerazione del filtro antiparticolato. In più, grazie alle sinergie che si instaurano tra i sottosistemi ATM, la potenza di raffreddamento installata può essere inferiore a quella offerta dai sistemi odierni, con conseguente risparmio di carburante e riduzione dello spazio.

### Emissione di gas di scarico nelle autovetture diesel



# Principio di funzionamento del sistema ATM (gestione della temperatura dell'aria aspirata)

Il sistema ATM è costituito da tre sottosistemi: l'intercooler indiretto, il ricircolo dei gas di scarico raffreddati e il raffreddamento del motore. Questi sottosistemi vengono collegati e regolati tra loro in modo tale da raffreddare o riscaldare l'aria aspirata al fine di abbassare o aumentare la temperatura di combustione. La riduzione della temperatura avviene raffreddando l'aria di sovra-limentazione e i gas di scarico, come pure miscelando all'aria di sovralimentazione la quantità di gas di scarico consentita dallo stato di carico del motore e riducendo di conseguenza la concentrazione di ossigeno nel cilindro. Per aumentare la temperatura di combustione, vengono disattivati l'intercooler e il raffreddamento dei gas di scarico. È possibile inoltre riscaldare l'aria di sovralimentazione.

### Abbattimento delle emissioni

NOx: dato che la formazione di NOx dipende in modo esponenziale dalla temperatura di combustione, l'abbassamento di quest'ultima ha come conseguenza una notevole riduzione di NO<sub>x</sub>: ogni 10 °C in meno corrispondono a una riduzione del 10% circa; il consumo di carburante si riduce dello 0,5-1%. HC e CO: all'avvio a freddo la temperatura di combustione è per lo più ancora bassa, la combustione incompleta e la formazione di HC e CO è quindi elevata. Dato che in questa fase il catalizzatore di ossidazione non ha ancora raggiunto la temperatura d'esercizio, si producono delle emissioni. In determinate situazioni (traffico urbano in inverno, soste frequenti), la temperatura di combustione e quella del catalizzatore possono abbassarsi fino alla comparsa delle emissioni di HC e CO anche in condizioni di marcia normali. In entrambi i casi, il rapido aumento della temperatura di combustione e quindi di quella dei gas di scarico ad opera dell'ATM riduce la formazione di HC e CO e ne favorisce la conversione nel catalizzatore. L'aumento della temperatura avviene attraverso la disattivazione del raffreddamento dei gas di scarico. Per questo il radiatore EGR è dotato di un bypass integrato e di una valvola di commutazione. Le misurazioni effettuate su un banco di prova a rulli su un motore diesel da 1,9 litri con turbocompressore hanno rilevato un abbassamento del 30% circa nelle emissioni di HC e CO all'avvio a freddo.

Aria aspirata e gestione termica

### 31

# Rigenerazione del filtro antiparticolato

Quando il filtro antiparticolato è pieno, si deve procedere a bruciare la fuliggine accumulata. Anche per questo l'ATM aumenta la temperatura dei gas di scarico, che è spesso inferiore ai 550 °C, ossia alla temperatura di combustione della fuliggine. Il processo può tuttavia essere avviato anche abbassando la temperatura di

combustione della fuliggine, ad esempio aggiungendo al carburante un additivo. La combinazione dei due processi di aumento della temperatura dei gas di scarico e di abbassamento della temperatura di combustione della fuliggine apporta i seguenti vantaggi: si riduce la quantità di additivo e si semplifica il sistema di dosaggio. Se l'aumento della temperatura prodotto dall'ATM è associato a una post-iniezione, nella maggior parte dei casi non è necessario ricorrere a un sistema supplementare per rigenerare il filtro

### Risparmio energetico

Nell'intercooler e nel radiatore EGR giungono, a seconda del carico del motore, quantità di calore diverse. A carico parziale, quando la velocità di ricircolo dei gas di scarico può superare il 50%, il radiatore EGR necessita di più liquido di raffreddamento rispetto all'intercooler. In alcune condizioni di carico parziale,

ad es. a 50 km/h in pianura, è possibile fare completamente a meno all'intercooler e mettere tutta la capacità di raffreddamento a disposizione del radiatore EGR. A pieno carico invece, l'intera capacità di raffreddamento deve essere in pratica utilizzata per l'intercooler. Questo modo di distribuire i flussi del liquido refrigerante in base al fabbisogno permette di ridurre notevolmente la capacità di raffreddamento installata e lo spazio necessario, ad es. fino al 10% per la parte anteriore del radiatore.

### Gestione della temperatura della batteria nei veicoli ibridi

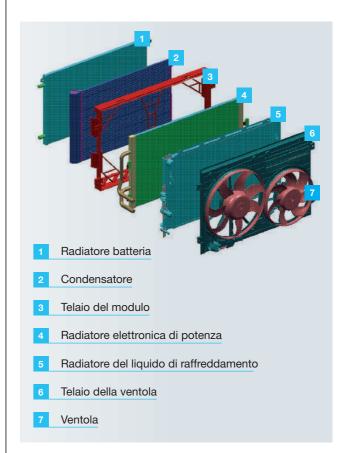
Nelle batterie con maggiore capacità, è particolarmente importante garantire una corretta regolazione della temperatura. In caso di temperature molto basse, è quindi necessario un riscaldamento supplementare della batteria, per mantenerla entro l'intervallo di temperatura ideale. Solo all'interno di questo intervallo è possibile raggiungere un'autonomia soddisfacente in modalità "propulsione elettrica".

Per realizzare questo riscaldamento supplementare, la batteria viene collegata a un circuito secondario. Questo circuito garantisce il mantenimento costante della temperatura d'esercizio ideale, tra 15 °C e 30 °C.

Una piastra di raffreddamento montata nel blocco batterie viene attraversata dal liquido di raffreddamento, composto da acqua e glicole (circuito verde). Alle basse temperature, il liquido di raffreddamento può essere rapidamente scaldato con un riscaldatore, per raggiungere la temperatura ideale. Se durante l'uso della funzione ibrida la temperatura nella batteria aumenta, il riscaldatore si disinserisce. Il liquido di raffreddamento può essere poi raffreddato dall'aria esterna nel radiatore della batteria posto nella parte frontale del veicolo.

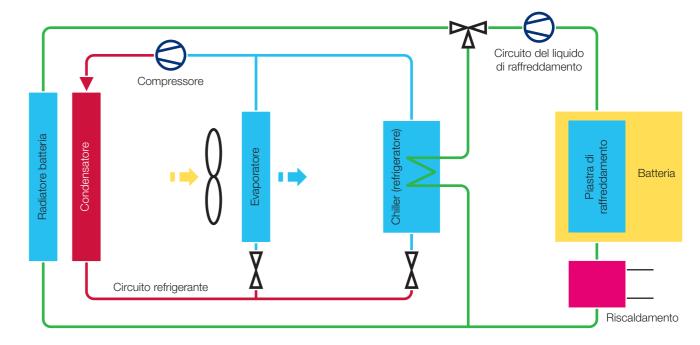
Se in presenza di temperature esterne elevate il raffreddamento prodotto dal radiatore della batteria non è sufficiente, il liquido di raffreddamento scorre attraverso un chiller o uno speciale scambiatore di calore. Qui viene fatto evaporare il refrigerante dell'impianto

di climatizzazione del veicolo. Questo permette anche di trasferire il calore in modo molto compatto e con un elevato rendimento dal circuito secondario al refrigerante in evaporazione. Si ottiene un ulteriore raffreddamento di ritorno del liquido di raffreddamento. Grazie all'uso del chiller, la batteria può funzionare nella finestra di temperatura che permette il grado di efficienza ottimale.



Modulo di raffreddamento per veicoli ibridi

### Circuito di raffreddamento e refrigerazione (o raffreddamento indiretto della batteria)



32 Riscaldatore ausiliario PTC

# Riscaldatore ausiliario PTC



A causa dell'elevato grado di efficienza dei moderni motori a iniezione diretta, sia diesel che a benzina, nelle giornate fredde il calore in eccesso del motore risulta spesso insufficiente sia per riscaldare velocemente l'abitacolo sia per raggiungere temperature confortevoli durante i trasferimenti urbani o nel traffico con soste frequenti. Anche la sicurezza di guida risulta pregiudicata, poiché i vetri possono appannarsi. Per ovviare a questo deficit di potenza termica, MAHLE ha sviluppato tre tipi di riscaldatori supplementari: riscaldatori ausiliari PTC e pompe di calore a CO<sub>2</sub> ad azionamento elettrico per il riscaldamento immediato dell'aria di alimentazione, e scambiatori di calore dei gas combusti per un riscaldamento più rapido del liquido di raffreddamento. Riscaldando il liquido di raffreddamento, si aumenta la potenza e la reattività del sistema di riscaldamento tradizionale e si riduce la fase di avvio a freddo del motore. Le pompe di calore funzionano in abbinamento ai nuovi impianti di climatizzazione a CO2. Questi riscaldatori ausiliari permettono di rispettare le norme nazionali e internazionali. Gli elementi PTC rientrano nella categoria delle resistenze ceramiche non lineari. PTC è l'acronimo di "Positive Temperature Coefficient". Questa espressione indica che la resistenza elettrica di un elemento aumenta al crescere della sua temperatura. Questa definizione non è però del tutto esatta, poiché in un primo momento la resistenza diminuisce all'aumentare della temperatura. In questo intervallo la curva caratteristica della resistenza presenta dunque un coefficiente termico negativo. Il coefficiente termico passa da negativo a positivo solo quando si raggiunge la resistenza minima. In altre parole, all'aumentare della temperatura la resistenza diminuisce lentamente in una prima fase, mentre a partire da circa 80 °C aumenta notevolmente finché il nucleo PTC non assorbe praticamente più corrente. In questo punto la temperatura superficiale del nucleo PTC, quando non passa aria attraverso il riscaldatore PTC, è pari a circa 150 °C, mentre quella del telaio in metallo a circa 110 °C.

### Struttura e funzionamento

Il riscaldatore PTC è costituito da vari elementi riscaldanti, un telaio di fissaggio, un telaio isolante, il relè o l'elettronica di potenza. I riscaldatori si compongono di nuclei PTC in ceramica, lamiere di contatto, raccordi e alette corrugate in alluminio. Le alette corrugate aumentano la superficie di dispersione termica delle lamiere di contatto. Per favorire la dispersione del calore nell'aria, le alette corrugate sono dotate di fessure dette "lamelle". Grazie al trasferimento del calore più efficiente, questo tipo di riscaldatori ausiliari necessita di un incremento di corrente di entrata inferiore rispetto al tipo con alette corrugate prive di lamelle. Il vantaggio di questa soluzione è che i singoli elementi PTC possono essere attivati più frequentemente. Di conseguenza il riscaldatore può funzionare a una potenza complessivamente superiore. Le competenze necessarie per la produzione di queste alette con lamelle provengono dall'esperienza acquisita con la costruzione dei radiatori. Nell'impianto di climatizzazione, il riscaldatore ausiliario è montato direttamente dietro lo scambiatore di calore tradizionale (scambiatore aria-liquido di raffreddamento) in direzione del flusso d'aria.

In questo modo si riduce al minimo lo spazio necessario. In presenza di basse temperature esterne e a motore freddo, nel riscaldatore PTC viene fatta fluire prima aria fredda o leggermente riscaldata dallo scambiatore di calore. La temperatura e la resistenza dei riscaldatori sono basse, mentre la potenza di riscaldamento è alta. Con l'attivazione del riscaldamento convenzionale aumentano la temperatura dell'aria e la resistenza, mentre si riduce la potenza di riscaldamento. La temperatura superficiale di un riscaldatore PTC attraversato da aria calda a 25 °C genera una portata volumetrica di 480 kg di aria all'ora. Con questa temperatura dell'aria, la rete di riscaldamento assume una temperatura media di 50 °C.

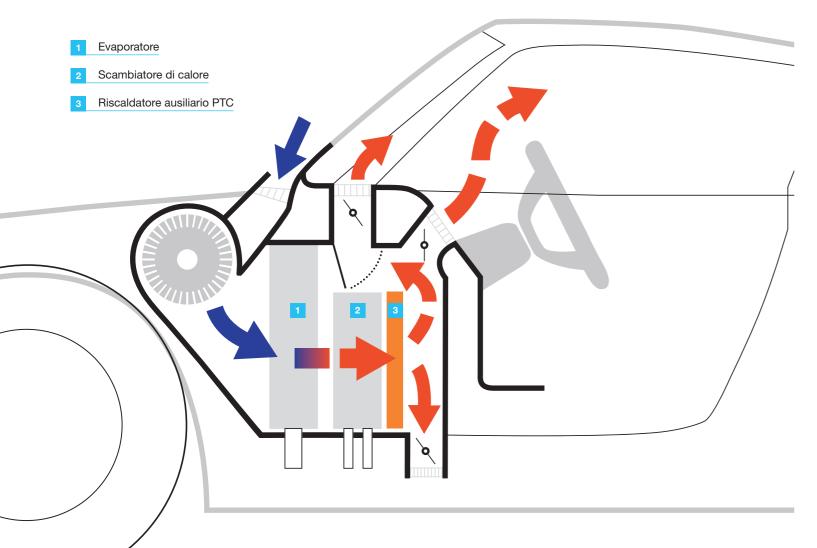
34 Riscaldatore ausiliario PTC

### Potenza e reattività

La resistenza nominale del nucleo PTC può essere scelta tra diverse opzioni. Essa determina anche i valori della potenza e dell'assorbimento di corrente. Una resistenza nominale bassa consente un'elevata potenza di riscaldamento durante il funzionamento. La potenza dei riscaldatori PTC è compresa tra 1 e 2 kW. A 2 kW si raggiunge il limite di potenza della rete da 12 V (150 A a 13 V). Un circuito di bordo da 42 V consentirebbe potenze maggiori. La massa ridotta del riscaldatore PTC e il fatto che il calore generato elettricamente venga trasmesso direttamente al flusso d'aria senza deviazioni fanno sì che esso reagisca in modo pressoché immediato. Questa elevata reattività rappresenta la principale caratteristica dei riscaldatori ausiliari PTC. E poiché anche il motore raggiunge la temperatura d'esercizio più rapidamente a causa del carico supplementare a cui è sottoposto il generatore, anche il sistema di riscaldamento tradizionale risponde più in fretta. Questa potenza termica supplementare corrisponde a circa due terzi della potenza del riscaldatore PTC. Praticamente, si può dire che questa potenza di riscaldamento sia imputabile al riscaldatore PTC. La potenza del riscaldatore PTC del modello 220 CDI della nuova Classe E è di 1,6 kW. Nel modulo riscaldamento/climatizzatore il riscaldatore PTC è integrato direttamente a valle dello scambiatore di calore tradizionale.

### Esperimento esemplificativo

Nella notte il veicolo è stato raffreddato alla temperatura della coppa dell'olio di –20 °C. Poi è stato guidato nella galleria del vento per 30 minuti in terza, alla velocità di 32 km/h, velocità media realistica nel traffico urbano. Dopo 20 minuti, con il riscaldatore PTC la temperatura media raggiunta nella cabina era di 18 °C (senza: solo 10 °C). Con il riscaldatore PTC, la temperatura ideale di 24 °C è stata raggiunta in 30 minuti; senza, ci sono voluti più di 50 minuti.



### Sicurezza d'esercizio

La curva caratteristica di resistenza del nucleo PTC impedisce il surriscaldamento del riscaldatore PTC. La temperatura superficiale del telaio in metallo resta sempre sotto i 110 °C. Inoltre,

a temperature superiori dell'aria in uscita dello scambiatore di calore, la potenza del riscaldatore PTC si riduce. Un'elettronica di potenza consente di regolare il riscaldatore PTC su diversi livelli o in modo continuo, in modo da adattarlo alla potenza di riscaldamento necessaria o alla potenza elettrica disponibile.

### Comando

Il riscaldatore PTC può essere comandato dall'esterno con un relè o mediante un sistema di regolazione integrato con l'elettronica di potenza. In caso di comando a relè, sta al costruttore del veicolo stabilire quali e quanti livelli attivare. Se il riscaldatore ausiliario include un sistema di regolazione integrato, si distingue tra funzionalità minima e funzionalità elevata. Nella funzionalità minima i livelli vengono attivati singolarmente. L'elettronica di potenza protegge il riscaldatore ausiliario da sovratensione, cortocircuito e inversione di polarità. Questa regolazione non contempla una funzione di diagnosi. La regolazione a stadi prevede fino a otto livelli. Nel riscaldatore ausiliario PTC impiegato nella Classe E sono disponibili sette livelli. Il controllo avviene in funzione del bilancio elettrico disponibile e del fabbisogno energetico supplementare, ossia del comfort termico desiderato. Nella regolazione ad alta funzionalità, il controllo dell'elettronica di potenza può essere gestito ad esempio in modo continuo mediante un bus LIN o CAN sul lato veicolo.

Ciò significa poter sempre sfruttare in modo ottimale per il riscaldamento supplementare la corrente resa disponibile in ogni situazione dal circuito di bordo. Per garantire un'efficace protezione da sovratensione, cortocircuito e inversione di polarità, l'elettronica di potenza ad alta funzionalità include inoltre una protezione da sovraccarico per ciascun livello, una protezione da surriscaldamento per il circuito stampato e un sistema di monitoraggio della tensione. La regolazione ad alta funzionalità è dotata di EPROM e dunque predisposta alla diagnosi, ed è quindi in grado di memorizzare le varianti (EPROM = Erasable Programmable Read Only Memory, memoria programmabile di sola lettura, con possibilità di cancellare il contenuto).

### Nuovi sviluppi

La nuova generazione di riscaldatori ausiliari PTC si differenzia da quella precedente per il peso ridotto, la minore perdita di pressione (che riduce il fabbisogno di potenza da parte della ventola) e i costi di produzione inferiori.

### Caratteristiche tecniche:

- riscaldamento ausiliario elettrico; potenza 1–2 kW
- fonte di calore: nucleo PTC in ceramica autoregolante, temperatura massima della superficie della ceramica 150 °C quando non passa aria dalla rete di riscaldamento
- eccellente trasferimento di calore grazie alla tecnologia ad alette corrugate con ridotto calo di pressione nell'aria di alimentazione

- controllo per livelli o lineare mediante relè o elettronica di comando
- reattività e grado di efficienza elevati
- la struttura modulare consente un adattamento ottimale allo spazio presente sul veicolo
- assolutamente affidabile, nessun rischio per i componenti vicini a causa della limitazione della temperatura intrinseca (caratteristica PTC)
- il basso calo di pressione determina un ridotto aumento della potenza della ventola

Diagnosi, manutenzione e riparazione

# Diagnosi, manutenzione e riparazione



Liquido di raffreddamento usato/nuovo

### Liquido di raffreddamento, antigelo e protezione anticorrosione

Per liquido di raffreddamento si intende generalmente il liquido che circola nel sistema di raffreddamento. Il liquido di raffreddamento protegge da gelo, ruggine e surriscaldamento e agisce da lubrificante. Ha il compito di assorbire il calore del motore e di dissiparlo attraverso il radiatore.

Il liquido di raffreddamento è una miscela di acqua e antigelo (glicole/etanolo) che contiene diversi additivi (amaricanti, silicati, antiossidanti, agenti antischiuma) che gli conferiscono una particolare colorazione. Gli amaricanti servono a evitare che il liquido di raffreddamento venga bevuto accidentalmente. I silicati formano uno strato protettivo sulle superfici metalliche e impediscono tra l'altro le sedimentazioni di calcare. Gli antiossidanti prevengono la corrosione dei componenti. Gli agenti antischiuma impediscono la formazione di schiuma nel liquido di raffreddamento. Il glicole mantiene lubrificati i tubi flessibili e le quarnizioni e innalza il punto di ebollizione del liquido di raffreddamento.

Il rapporto di miscelazione acqua/antigelo deve essere compreso tra 60:40 e 50:50. Questo valore consente normalmente di proteggere dal gelo a temperature oscillanti tra -25 °C e -40 °C. Il rapporto di miscelazione minimo deve essere di 70:30 e quello massimo di 40:60. Aumentando ulteriormente la quantità di antigelo (ad esempio 30:70) non si fa più scendere il punto di congelamento. Al contrario, un antigelo non diluito congela già a circa -13 °C e sopra 0 °C non sottrae sufficiente calore al motore, che in questo modo si surriscalda. Poiché il glicole ha un punto di ebollizione molto alto, un giusto rapporto di miscelazione può portare il punto di ebollizione del liquido di raffreddamento anche a 135 °C. Ecco perché è importante aggiungere una quantità sufficiente di antigelo anche nei paesi caldi. Seguire sempre le raccomandazioni del produttore.

Un rapporto di miscelazione tipico potrebbe essere 40/60% o 50/50%, utilizzando acqua depurata (acqua potabile).

Il liquido di raffreddamento e i relativi ad-

ditivi sono soggetti a usura. Ciò significa

che una parte degli additivi si consuma nel corso degli anni. Se ad esempio si consumano gli additivi anticorrosivi, il liquido di raffreddamento assumerà una colorazione marrone. Per questo motivo alcuni costruttori di veicoli impongono un intervallo di sostituzione del liquido di raffreddamento. Gli impianti di raffreddamento dei nuovi veicoli vengono comunque riempiti sempre più spesso con liquidi di raffreddamento Long Life (ad esempio VW G12++/G13). Ciò consente di poter omettere la sostituzione del liquido di raffreddamento (VW) in condizioni normali (in assenza di impurità) o di effettuarla solo dopo 15 anni o 250.000 km (nuovi modelli Mercedes). In linea di massima il liquido di raffreddamento deve essere sostituito in presenza di impurità (olio, corrosione) e nei veicoli che non contengono liquidi di raffreddamento Long Life. Per quanto riguarda le specifiche, l'intervallo di sostituzione, il rapporto di miscelazione e la miscelabilità dell'antigelo è necessario attenersi scrupolosamente alle indicazioni fornite dal costruttore del veicolo.

Il liquido di raffreddamento non deve inquinare le falde acquifere né essere scaricato attraverso il separatore dell'olio. Deve essere raccolto e smaltito separatamente.

### Manutenzione del radiatore

Per la pulizia è possibile utilizzare, come per i condensatori, un getto di vapore a bassa pressione (dall'interno verso l'esterno). Anche per la pulizia dall'esterno si può utilizzare aria compressa a pressione ridotta.

### Lavaggio del sistema di raffreddamento

In caso di impurità nel liquido di raffreddamento, è necessario scaricare il liquido e lavare il sistema di raffreddamento.

### Per impurità si intende:

- olio (guarnizione della testata cilindri difettosa)
- ruggine (corrosione interna del motore)
- alluminio (corrosione interna del radiatore)
- sostanze estranee (additivi/sigillanti)
- particelle estranee (pompa del liquido di raffreddamento difettosa)

A seconda del grado di contaminazione, lavare il sistema di raffreddamento con acqua calda o aggiungendo uno speciale liquido di lavaggio. Esistono diverse procedure di lavaggio a seconda del costruttore del veicolo e del sintomo rilevato. Se il liquido di raffreddamento è color ruggine e si nota una riduzione della potenza di riscaldamento, Audi consiglia di lavare il sistema di raffreddamento con un liquido apposito. Se si effettuano più cicli di lavaggio, è necessario smontare il termostato e misurare la potenza di riscaldamento prima e dopo il lavaggio. Opel segnala ad esempio che nei modelli Corsa B, Vectra B e Omega B costruiti fino all'anno 1997, l'intasamento del radia-

tore è una possibile causa dell'aumento della temperatura del motore. In questo caso, eseguire un lavaggio con acqua calda (> 50 °C) e sostituire, oltre al radiatore, anche tutti i componenti in cui circola il liquido di raffreddamento (scambiatore di calore, testata del cilindro ecc.). La procedura e il liquido di lavaggio da usare dipendono dal grado di contaminazione e dalle indicazioni del costruttore del veicolo. Si tenga comunque presente che, a causa della loro struttura (se presentano ad esempio dei tubi piatti), non tutti i componenti dei moderni sistemi di raffreddamento possono essere lavati. In tal caso, devono essere sostituiti.

### Questo vale in particolare per i seguenti componenti:

- termostato
- radiatore
- elettrovalvole
- tappo
- scambiatore di calore

Se la contaminazione (olio, ruggine) impedisce di rilevare il livello del liquido di raffreddamento nel serbatoio di compensazione, occorre sostituire anche il serbatoio. In linea generale, è opportuno sostituire il termostato e il tappo. Quando si usano detergenti speciali per sistemi di raffreddamento, assicurarsi che non corrodano i materiali delle guarnizioni, non inquinino le falde acquifere e non vengano scaricati attraverso il separatore d'olio. I detergenti devono essere raccolti assieme al liquido di raffreddamento e smaltiti separatamente. Dopo il lavaggio, riempire nuovamente il sistema con il liquido di raffreddamento seguendo le indicazioni (specifiche, rapporto di miscelazione) fornite dal costruttore del veicolo. Sfiatare quindi il sistema e sottoporlo a un controllo funzionale e di tenuta.

### Sfiato del sistema durante il riempimento

L'ingresso di aria nel sistema di raffreddamento degli autoveicoli è ormai un problema diffuso. Queste "bolle d'aria" sono dovute al fatto che il radiatore o il vaso di espansione sono posizionati all'altezza del motore o al di sotto di esso. In questo modo diventa difficoltoso sfiatare completamente l'impianto di raffreddamento dopo una riparazione o dopo la sostituzione del liquido di raffreddamento. L'aria rimasta intrappolata nel sistema riduce fortemente la circolazione del liquido di raffreddamento e può surriscaldare il motore provocando gravi danni. Il rimedio è l'utilizzo di uno speciale attrezzo di riempimento e di sfiato.

### Questo strumento permette di:

- eliminare le bolle d'aria
- individuare i punti non a tenuta
- eseguire un rapido riempimento del sistema di raffreddamento

Il dispositivo Airlift viene collegato al radiatore o al vaso di espansione mediante appositi adattatori forniti in dotazione. Collegare quindi un tubo flessibile per aria compressa (con cui solitamente si azionano i dispositivi ad aria compressa). A questo punto una valvola speciale evacua il sistema di raffreddamento e genera una forte depressione. Collegare infine il tubo flessibile di aspirazione fornito in dotazione e riempire il sistema con la nuova miscela acqua-antigelo, utilizzando un contenitore pulito del liquido di raffreddamento (secchio, caraffa). Servendosi del manometro che misura il vuoto sull'Airlift, è possibile controllare al tempo stesso la tenuta dell'intero sistema.

### Verifica del sistema di raffreddamento mediante controllo della pressione e della caduta di pressione

Per verificare la presenza di mancanze di tenuta nel sistema di raffreddamento si consiglia l'uso di un dispositivo per il controllo della pressione. Servendosi di una pompa a mano, mettere il sistema di raffreddamento sotto pressione. Se osservando il manometro si nota una caduta di pressione, è possibile desumere una mancanza di tenuta del sistema di raffreddamento. Utilizzando adattatori universali o specifici per il veicolo, è possibile collegare la pompa attraverso un raccordo rapido a quasi tutti i veicoli commerciali, autovetture e mezzi agricoli ed edili più comuni. In caso di perdite difficili da localizzare, si consiglia di introdurre un mezzo di contrasto nel sistema di raffreddamento.



Segni di corrosione dovuti all'uso di un liquido di raffreddamento troppo vecchio o sbagliato



Deposito di calcare dovuto all'utilizzo di acqua pura (senza liquido di raffreddamento)



Scambiatore di calore coperto di calcare

### Danni tipici

Le immagini mostrano alcuni danni tipici riconducibili a cause diverse.

### Radiatore del liquido di raffreddamento

Tutti i guasti provocano una riduzione della potenza del radiatore. Raramente i moderni radiatori del liquido di raffreddamento vengono sottoposti a riparazione, poiché saldare l'alluminio è molto difficile e può causare l'intasamento dei canali più piccoli. Non usare sigillanti, poiché possono provocare ostruzioni e la conseguente riduzione della potenza.

### Scambiatore di calore dell'abitacolo

I depositi di calcare e l'uso di sigillanti possono causare degli intasamenti nello scambiatore di calore dell'abitacolo, proprio come avviene nel radiatore. Questi intasamenti vengono in parte eliminati dal lavaggio con appositi detergenti. In questo caso, attenersi alle indicazioni del costruttore del veicolo.

Diagnosi,
manutenzione e riparazione

### Controllo del sistema di raffreddamento e diagnosi

In caso di anomalie nel sistema di raffreddamento, come una scarsa potenza riscaldante, il mancato raggiungimento della temperatura di esercizio da parte del motore o un surriscaldamento, è possibile rilevare la causa del guasto con dei semplici espedienti. Per prima cosa verificare se nel sistema di raffreddamento il livello del liquido refrigerante è sufficiente, se vi sono impurità, antigelo e mancanze di tenuta. Verificare anche che la cinghia trapezoidale o la cinghia Poly V siano sufficientemente tese.

Procedere quindi con la ricerca guasti analizzando i diversi sintomi, osservando i componenti o rilevando le temperature nel modo seguente:

#### Motore surriscaldato:

La temperatura visualizzata è realistica?

(Eventualmente controllare il sensore termico del liquido di raffreddamento e lo strumento indicatore)

Il radiatore del liquido di raffreddamento o i componenti inseriti a monte (condensatore del climatizzatore) sono privi di impurità e quindi in grado di garantire una portata d'aria illimitata?

(Eventualmente pulire i componenti)

La ventola del radiatore o la ventola supplementare funzionano?

(Controllare il punto di attivazione, il fusibile, il termointerruttore, la centralina della ventola, verificare la presenza di danni meccanici)

Il termostato si apre?

(Rilevare la temperatura a monte e a valle del termostato, eventualmente smontare il termostato e controllarne il funzionamento a bagnomaria)

Il radiatore del liquido di raffreddamento è intasato?

(Controllare la temperatura all'ingresso e all'uscita del radiatore, verificare la portata d'aria)

La pompa del liquido di raffreddamento funziona?

(Controllare se la girante della pompa si è allentata sull'albero di trasmissione)

La valvola di sovrappressione e/o la valvola a depressione del tappo del radiatore o del vaso di espansione funzionano?

(Eventualmente utilizzare una pompa di prova per controllare se la guarnizione del tappo è danneggiata e se è presente)

#### Il motore non si scalda:

### La temperatura visualizzata è realistica?

(Eventualmente controllare il sensore termico dell'acqua di raffreddamento e lo strumento indicatore)

### Il termostato è costantemente aperto?

(Rilevare la temperatura a monte e a valle del termostato, eventualmente smontare il termostato e controllarne il funzionamento a bagnomaria)

### La ventola radiatore o la ventola supplementare sono costantemente in funzione?

(Controllare il punto di attivazione, il termointerruttore e la centralina della ventola)

#### Il riscaldamento non si scalda a sufficienza:

#### Il motore raggiunge la temperatura d'esercizio o il liquido di raffreddamento si contdo?

(Eventualmente seguire i passaggi illustrati al paragrafo "Il motore non si scalda")

### La valvola del riscaldamento si apre?

(Controllare il comando elettrico, il cavo Bowden e la valvola)

### Il radiatore del riscaldamento (scambiatore di calore dell'abitacolo) è intasato?

(Controllare la temperatura all'ingresso e all'uscita dello scambiatore di calore, verificare la portata d'aria)

### Il comando degli sportelli funziona?

(Controllare le posizioni degli sportelli e gli attacchi, la funzione aria fresca/ricircolo e le bocchette di uscita dell'aria)

### La ventola dell'abitacolo funziona?

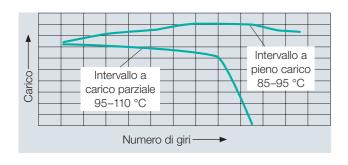
(Rumori, livelli di ventilazione)

### Il filtro dell'abitacolo è sporco o il flusso d'aria è presente?

(Controllare il filtro dell'abitacolo, controllare che non ci siano infiltrazioni nei canali di ventilazione)

# Raffreddamento a regolazione elettronica\*

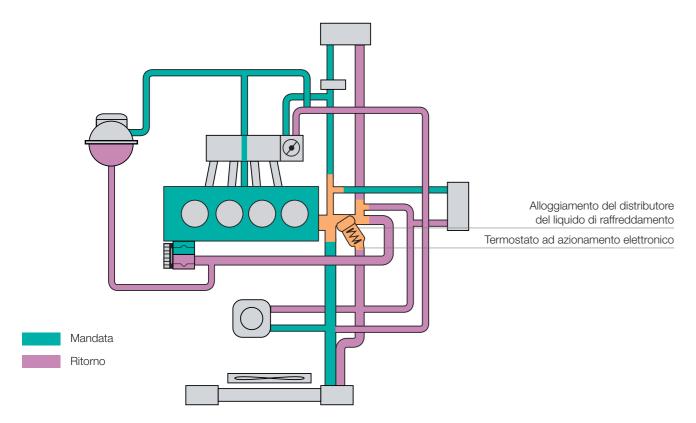
### (Esempio VW motore APF 1,6 I)



# Il livello di temperatura del liquido di raffreddamento

L'efficienza del motore dipende dal suo perfetto raffreddamento. Nel raffreddamento regolato mediante termostato, le temperature del liquido di raffreddamento oscillano nell'intervallo del carico parziale tra 95 °C e 110 °C e nell'intervallo del pieno carico tra 85 °C e 95 °C. Le temperature più alte nell'intervallo del carico parziale determinano un livello di potenza migliore, con effetti positivi in termini di consumi e di sostanze nocive nei gas di scarico. Le temperature inferiori nel funzionamento a pieno carico consentono un aumento della potenza. L'aria aspirata viene riscaldata in misura minore, e di conseguenza aumenta la potenza.

### Schema del sistema di raffreddamento a regolazione elettronica



<sup>\*</sup> Tratto da VW Audi/programma autodidattico 222/sistema di raffreddamento a regolazione elettronica

Lo sviluppo di un impianto di raffreddamento controllato elettronicamente si pone l'obiettivo di regolare su un valore prestabilito la temperatura di esercizio del motore in base allo stato di carico. La temperatura di esercizio ottimale viene regolata dal termostato riscaldato elettricamente e dalla velocità della ventola radiatore in base alle curve caratteristiche memorizzate nella centralina motore. Il raffreddamento può così essere adattato allo stato di carico e di potenza del motore.

# I vantaggi prodotti dall'adattamento della temperatura del liquido di raffreddamento allo stato operativo effettivo del motore sono:

- riduzione dei consumi nell'intervallo di carico parziale
- riduzione delle emissioni di CO e di idrocarburi

### Differenze rispetto al circuito di raffreddamento convenzionale:

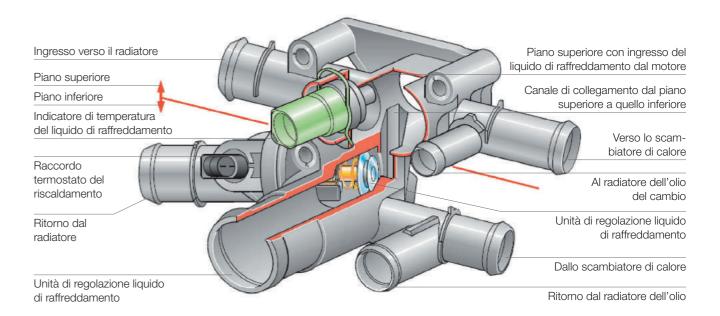
- collegamento al circuito di raffreddamento con modifiche costruttive minime
- l'alloggiamento del distributore del liquido di raffreddamento e il termostato formano un unico assieme
- il regolatore del liquido di raffreddamento (termostato) sul blocco motore viene eliminato
- la centralina motore contiene anche le curve caratteristiche del sistema di raffreddamento a regolazione elettronica

# Alloggiamento del distributore del liquido di raffreddamento

L'alloggiamento del distributore del liquido di raffreddamento è montato direttamente sulla testata del cilindro al posto del raccordo di collegamento. Osserviamolo su due piani. Dal piano superiore il liquido di raffreddamento viene inviato ai singoli componenti. Fa eccezione l'ingresso verso la pompa del liquido di

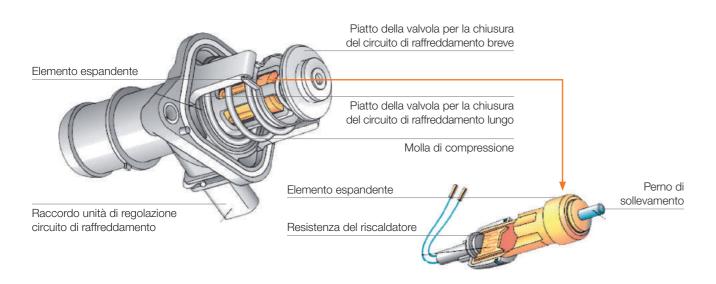
raffreddamento. Al piano inferiore dell'alloggiamento del distributore si collega il ritorno del liquido di raffreddamento dai singoli componenti. Un canale verticale collega il piano superiore a quello inferiore.

Il termostato apre/chiude il canale verticale con il piattino della valvola. In pratica, l'alloggiamento del distributore del liquido di raffreddamento è la stazione di distribuzione del liquido al circuito di raffreddamento grande o piccolo.



Raffreddamento a regolazione elettronica

45



# Unità di regolazione liquido di raffreddamento

#### Componenti funzionali:

- termostato con materiale espandente (con elemento in cera)
- riscaldamento a resistenza nell'elemento in cera
- molle di compressione per la chiusura meccanica dei canali del liquido di raffreddamento, 1 piatto della valvola grande e 1 piccolo

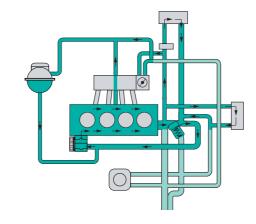
#### Funzionamento

Il termostato con materiale espandente nell'alloggiamento del distributore del liquido di raffreddamento è sempre circondato dal liquido di raffreddamento. L'elemento in cera effettua la regolazione senza essere riscaldato come in precedenza, ma è predisposto per una temperatura differente. In base alla temperatura del liquido di raffreddamento, la cera diventa liquida e si espande.

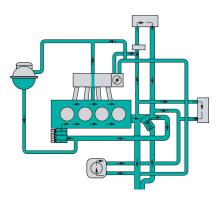
Questa espansione solleva il perno di sollevamento. Normalmente (in assenza di alimentazione) questo processo avviene secondo il nuovo profilo di temperatura del liquido di raffreddamento di 110 °C all'uscita del motore. Nell'elemento in cera è incorporata una resistenza del riscaldatore. Se questa viene alimentata, l'elemento in cera si riscalda ulteriormente e a questo punto la corsa, cioè la regolazione, dipende non solo dalla temperatura del liquido di raffreddamento, ma anche dalle curve caratteristiche predefinite nella centralina motore.

# Circuito del liquido di raffreddamento lungo e breve

Come nei casi precedenti esistono due circuiti, che qui sono controllati da un regolatore. Il circuito breve serve a riscaldare rapidamente il motore in caso di avvio a freddo e carico parziale. Il raffreddamento del motore a controllo elettronico non è ancora attivo. Il termostato nell'alloggiamento del distributore del liquido di raffreddamento ne blocca il ritorno dal radiatore e apre il circuito breve verso la pompa del liquido di raffreddamento. Il radiatore non è collegato al circuito del liquido di raffreddamento.



Il circuito di raffreddamento lungo viene aperto dal termostato nel regolatore del liquido di raffreddamento al raggiungimento dei 110 °C oppure dalla centralina in funzione del carico. Adesso il radiatore è parte del circuito di raffreddamento. A supporto del raffreddamento mediante aria esterna o con motore in stazionamento, all'occorrenza vengono attivate delle ventole elettriche.



# Comando elettronico: schema generale

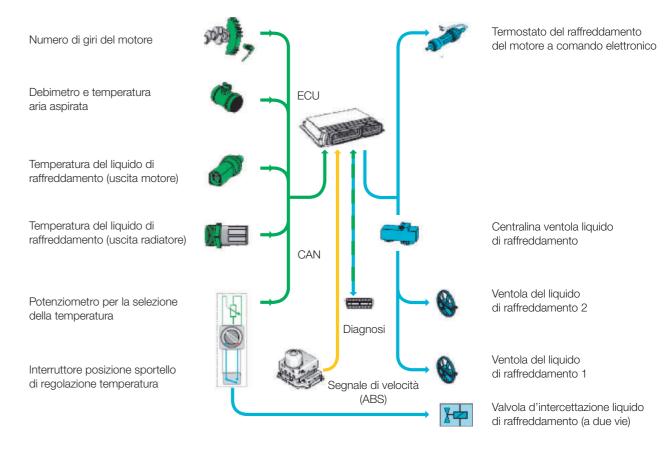
La centralina motore è stata ampliata per includere i collegamenti dei sensori e degli attuatori del sistema di raffreddamento a regolazione elettronica:

- alimentazione del termostato (uscita)
- temperatura di ritorno del radiatore (ingresso)
- comando ventola radiatore (2 uscite)
- potenziometro sul regolatore del riscaldamento (ingresso)

Il calcolo delle funzioni per la temperatura regolata elettronicamente viene eseguito ogni secondo. La regolazione del sistema viene inserita nel risultato dei calcoli delle funzioni:

- attivazione (alimentazione) della resistenza del riscaldatore nel termostato per il raffreddamento del motore comandato elettronicamente per l'apertura del circuito di raffreddamento lungo (regolazione della temperatura del liquido di raffreddamento)
- comando della ventola del radiatore a supporto della rapida riduzione della temperatura del liquido di raffreddamento

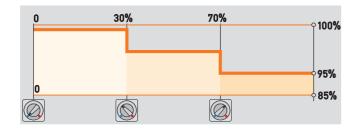
### Per tutte le altre informazioni necessarie si utilizzano i sensori della gestione motore.



### Regolazione della temperatura del liquido di raffreddamento in base alle esigenze termiche

La temperatura del liquido di raffreddamento può oscillare, con uno stile di guida tra il carico parziale e il pieno carico, tra 110 °C e 85 °C. Con il riscaldamento attivo, una differenza di temperatura di 25 °C verrebbe percepita come spiacevole all'interno

dell'abitacolo del veicolo. Il conducente dovrebbe effettuare continue regolazioni. Grazie al potenziometro, l'elettronica del sistema di raffreddamento riconosce la temperatura desiderata dal conducente e regola conseguentemente la temperatura del liquido di raffreddamento, ad es. posizione della manopola 70% = temperatura liquido di raffreddamento a 95 °C. Non appena si esca dalla posizione "riscaldamento off", si apre un microinterruttore sulla manopola di selezione della temperatura. Questo comanda una valvola pneumatica a due vie, che a sua volta apre per depressione la valvola di intercettazione del liquido di raffreddamento dello scambiatore di calore.

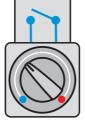




Carico parziale
Pieno carico







Microinterruttore

# Valori nominali della curva caratteristica

Il comando del termostato del raffreddamento motore a controllo elettronico (circuito di raffreddamento grande o piccolo) viene regolato tramite curve caratteristiche. Qui sono memorizzati i valori nominali di temperatura corrispondenti. Il carico del motore è determinante. Partendo dal carico (massa d'aria) e dal regime si ricava la temperatura del liquido di raffreddamento da regolare.

In una seconda curva caratteristica sono memorizzati i valori nominali di temperatura, in funzione della velocità e della temperatura dell'aria aspirata. Da questo si ricava la temperatura del liquido di raffreddamento da regolare. Dal confronto delle curve caratteristiche 1 e 2 si applica come valore nominale il singolo valore minimo e il termostato viene regolato conseguentemente. Il termostato si attiva solo se viene superata una soglia di temperatura e se la temperatura del liquido di raffreddamento resta subito al di sotto del valore nominale.

# Sensore temperatura del liquido di raffreddamento

I sensori di temperatura operano come sensori NTC. I valori nominali di temperatura del liquido di raffreddamento sono memorizzati nella centralina motore in forma di curve caratteristiche. I valori effettivi di temperatura del liquido di raffreddamento vengono rilevati in due punti diversi del circuito e comunicati alla centralina sotto forma di segnali di tensione.

Valore effettivo del liquido di raffreddamento 1 – direttamente sull'uscita del liquido di raffreddamento sul motore, nell'alloggiamento di distribuzione del liquido di raffreddamento.

Valore effettivo del liquido di raffreddamento 2 – sul radiatore a monte dell'uscita del liquido di raffreddamento dal radiatore.

Utilizzo dei segnali: dal confronto tra le temperature nominali memorizzate nelle curve caratteristiche e la temperatura effettiva 1 si ricava il ciclo di lavoro per l'alimentazione della resistenza del riscaldatore nel termostato. Il confronto tra i valori effettivi del liquido di raffreddamento 1 e 2 è la base che determina il comando della ventola elettrica del liquido di raffreddamento.

Funzione sostitutiva: in caso di guasto del sensore (uscita motore) di temperatura del liquido di raffreddamento, la regolazione di tale parametro prosegue su un valore sostitutivo fisso di 95 °C e si attiva in modo permanente la velocità 1 della ventola.

In caso di guasto del sensore (uscita radiatore) di temperatura del liquido di raffreddamento, la regolazione rimane attiva e si attiva in modo permanente la velocità 1 della ventola. Se si supera una determinata soglia di temperatura, si attiva la velocità 2 della ventola. In caso di guasto di entrambi i sensori, sulla resistenza del riscaldatore resta la tensione massima e si attiva in modo permanente la velocità 2 della ventola.



Sensore temperatura del liquido di raffreddamento

# Termostato a controllo elettronico

Nell'elemento in cera del termostato con materiale espandente è incorporata una resistenza del riscaldatore. Questa riscalda ulteriormente la cera, che si espande e attiva la corsa "x" del perno di sollevamento secondo la curva caratteristica. La corsa "x" aziona la regolazione meccanica del termostato. Il riscaldamento viene comandato dalla centralina motore in base alla curva caratteristica tramite un segnale PWM (a modulazione di larghezza d'impulso). In base alla larghezza d'impulso e al tempo si ottiene un riscaldamento diverso.

### Regola:

- PWM bassa (assenza di tensione) = temperatura del liquido di raffreddamento elevata
- PWM alta (presenza di tensione) = temperatura del liquido di raffreddamento bassa

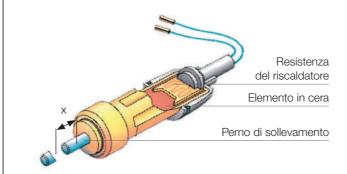
### In sintesi

I moderni sistemi di raffreddamento sono diventati tecnicamente molto più complessi, come tutti gli altri sistemi presenti nelle automobili di oggi. Per comprendere e sottoporre a diagnosi gli attuali sistemi di gestione termica, le conoscenze di base non bastano più. Occorre avere competenze di sistema, ricevere documentazione tecnica e avere doti di ragionamento logico.

#### Tensione di esercizio assente:

- la regolazione viene effettuata solo con l'elemento espandente
- si attiva in modo permanente la velocità 1 della ventola

Il riscaldamento del termostato non serve a riscaldare il liquido di raffreddamento, bensì riscalda in modo mirato e regola il termostato per aprire il circuito di raffreddamento grande. A motore fermo o in fase di avviamento non viene applicata tensione.



Elemento espandente in cera

# Prima si parlava di raffreddamento del motore, oggi di gestione termica



Componenti per la gestione termica del motore

# Informazioni tecniche

# Radiatore del liquido di raffreddamento

### Informazioni generali

I radiatori del liquido di raffreddamento vengono installati nel flusso d'aria che investe la parte frontale del veicolo e si differenziano tra loro per tipologia. Hanno il compito di cedere all'aria esterna il calore generato dalla combustione del motore e assorbito dal liquido di raffreddamento. Il radiatore del liquido di raffreddamento può accogliere all'interno o all'esterno altri radiatori, ad esempio per il cambio automatico.



Radiatore del liquido di raffreddamento

#### Struttura e funzionamento

Il componente più importante di un modulo di raffreddamento è il radiatore del liquido di raffreddamento (KMK). È composto da un blocco radiatore e da un serbatoio di compensazione, con tutti i raccordi e gli elementi di fissaggio necessari. Il blocco radiatore è composto da una rete di raffreddamento (un sistema di alette e tubazioni), dalla piastra tubiera e dalle parti laterali. I radiatori del liquido di raffreddamento convenzionali contengono un collettore del liquido di raffreddamento in poliammide rinforzata con fibra di vetro, sul quale viene sigillata e flangiata una guarnizione prima del montaggio sulla piastra tubiera. Attualmente si tende ad utilizzare radiatori completamente in alluminio che pesano poco e hanno una profondità di montaggio ridotta. Inoltre sono riciclabili al 100%. Il liquido di raffreddamento viene raffreddato dalle alette di raffreddamento (rete). L'aria esterna che affluisce attraverso la rete di raffreddamento preleva il calore dal liquido di raffreddamento. Per quanto riguarda la tipologia, si distingue tra radiatori a flusso verticale e radiatori a flusso trasversale. Nei radiatori a flusso verticale, l'acqua entra nel radiatore dall'alto ed esce dal basso. Nei radiatori a flusso trasversale, l'acqua di raffreddamento entra da un lato del radiatore ed esce dall'altro. Se nel radiatore a flusso trasversale l'ingresso e l'uscita si trovano sullo stesso lato, il serbatoio di compensazione è diviso in due parti. In questo caso il liquido di raffreddamento scorre nelle due parti (superiore e inferiore) del radiatore in direzione opposta. I radiatori a flusso trasversale sono più bassi e vengono utilizzati soprattutto nelle autovetture.



- 1 Serbatoio di compensazione
- 2 Radiatore olio
- 3 Guarnizioni
- 4 Alette di raffreddamento (rete)
- 5 Lamiere laterali
- 6 Base
- 7 Tubo di raffreddamento

### Conseguenze in caso di guasto

### È possibile riconoscere un radiatore difettoso dai sequenti fattori:

- capacità di raffreddamento ridotta
- aumento della temperatura del motore
- ventola del radiatore costantemente in funzione
- scarsa potenza del climatizzatore

#### Cause possibili:

- perdita di liquido di raffreddamento dovuta a danni al radiatore (pietrisco, incidenti)
- perdita di liquido di raffreddamento dovuta a corrosione o raccordi non a tenuta
- scambio di calore assente per contaminazioni all'interno o all'esterno (sporcizia, insetti, depositi di calcare)
- acqua di raffreddamento contaminata o troppo vecchia

# Case Section Control C

Depositi di calcare nel radiatore

### Ricerca guasti

- controllare la presenza di contaminazioni all'esterno del radiatore del liquido di raffreddamento ed eventualmente pulire con aria compressa a bassa pressione o con un getto d'acqua – durante l'operazione, non avvicinarsi troppo alle lamelle del radiatore
- controllare che la parte esterna del radiatore non sia danneggiata e non presenti perdite di tenuta (condotti flessibili di collegamento, bordature, lamelle, alloggiamento in plastica)
- controllare che il liquido di raffreddamento non sia sporco o che non abbia cambiato colore (ad es. presenza di olio per una guarnizione della testata difettosa) e il livello di antigelo
- controllare il flusso del liquido di raffreddamento (eventuali intasamenti provocati da corpi estranei, sigillanti, depositi di calcare)
- misurare la temperatura di ingresso e di uscita del liquido di raffreddamento con un termometro a infrarossi



Depositi corrosivi nel radiatore

### Tappo del radiatore

### Informazioni generali

Il tappo del radiatore è poco considerato, ma importante. Oltre a chiudere a tenuta di gas il foro di riempimento del radiatore o del serbatoio di compensazione, deve garantire che nel sistema di raffreddamento la pressione non sia troppo alta o troppo bassa. Per questo il tappo di riempimento è dotato di una valvola di depressione e di sovrappressione. La valvola di sovrappressione garantisce un aumento della pressione di circa 0,3–1,4 bar. Questo determina un aumento della temperatura di ebollizione del liquido refrigerante a 104–110 °C, che migliora così la potenza del sistema di raffreddamento. Durante il raffreddamento, se il sistema fosse chiuso ermeticamente si genererebbe una depressione. Il compito della valvola di depressione è impedire che ciò si verifichi.



Tappo in metallo



Tappo in plastica

# Quando aumenta la temperatura del liquido di raffreddamento, l'espansione del liquido fa crescere la pressione all'interno del sistema di raffreddamento. Il liquido di raffreddamento viene compresso nel serbatoio. La pressione nel serbatoio aumenta. La valvola di sovrappressione del tappo si apre facendo fuoriuscire aria. Quando la temperatura del liquido di raffreddamento si normalizza, nel sistema si genera una pressione negativa. Il liquido di raffreddamento viene aspirato dal serbatoio. Nel serbatoio si genera così una pressione negativa. Di conseguenza, si apre la valvola di compensazione della pressione negativa nel tappo del serbatoio. L'aria rifluisce nel serbatoio fino a compensare la sottopressione.

Struttura e funzionamento



Serbatoio di compensazione

## Regole di comportamento all'apertura del tappo del radiatore:

- lasciare raffreddare il sistema a una temperatura del liquido di raffreddamento inferiore a 90 °C
- a motore caldo il sistema di raffreddamento è sotto pressione
- in caso di apertura improvvisa del sistema di raffreddamento si corre il rischio di ustionarsi!
- aprire il tappo del liquido di raffreddamento fino allo scatto o, nelle versioni avvitate, svitarlo di ½ giro e scaricare la sovrappressione
- indossare guanti protettivi, occhiali protettivi e indumenti di protezione!



Tappo con adattatore di controllo



Manometro per il controllo della pressione

### Controllo funzionale:

- è possibile testare il corretto funzionamento della valvola del tappo del radiatore con un apposito dispositivo di prova (seguendo le istruzioni del costruttore del veicolo)
- 1. determinare la pressione di apertura aumentando la pressione
- la valvola di depressione deve poggiare sulla guarnizione in gomma, potersi sollevare leggermente e tornare indietro quando viene rilasciata
- ad ogni sostituzione del radiatore, MAHLE raccomanda di sostituire anche il tappo



Tappo in metallo con valvola di depressione

# Lavaggio del sistema di raffreddamento

In caso di impurità nel sistema di raffreddamento, è necessario scaricare il liquido e lavare il sistema.

### Per impurità si intende:

- olio (guarnizione della testata cilindri difettosa)
- ruggine (corrosione interna del motore)
- alluminio (corrosione interna del radiatore)
- sostanze estranee (additivi/sigillanti)
- particelle estranee (pompa del liquido di raffreddamento difettosa)

Da ricerche effettuate sui radiatori guasti è emerso che la contaminazione più frequente è il fango ferroso. Le cause della sua formazione sono la mancata pulizia o una pulizia insufficiente in occasione di una riparazione al sistema di raffreddamento o il riempimento con antigelo errato, nonché il riutilizzo del liquido di raffreddamento scaricato dall'impianto. Il fango ferroso può depositarsi e intasare i canali stretti, accelera la corrosione delle superfici di metallo lucide che ne sono ricoperte (effetto anodico con corrosione perforante) e agisce da abrasivo nel circuito di raffreddamento, specialmente nei punti in cui la direzione del flusso viene deviata.

### Pulizia

A seconda del grado di contaminazione, lavare il sistema di raffreddamento con acqua calda o aggiungendo uno speciale liquido di lavaggio. Esistono diverse procedure di lavaggio a seconda del costruttore del veicolo e del sintomo rilevato. Se ad es. nell'A6 il liquido di raffreddamento è color ruggine e si nota una riduzione della potenza di riscaldamento, Audi consiglia di lavare il sistema di raffreddamento con un liquido apposito. Se si effettuano più cicli di lavaggio, è necessario smontare il termostato e misurare la potenza di riscaldamento prima e dopo il lavaggio.

### Volkswagen prescrive un detergente dall'effetto sgrassante da applicare secondo questa procedura:

- portare il motore alla temperatura di esercizio
- scaricare il liquido di raffreddamento
- per i motori a 4 cilindri, immettere 3 litri di detergente e rabboccare con acqua
- per i motori a 8 cilindri, immettere 4 litri di detergente e rabboccare con acqua
- far girare il motore per 20 minuti con il termostato aperto
- scaricare il detergente
- ripetere la procedura fino a quando il detergente che esce è limpido
- ripetere la procedura 2 volte con acqua pulita
- riempire con l'antigelo

Opel segnala che in vari modelli l'intasamento del radiatore è una possibile causa dell'aumento della temperatura del motore. In questo caso, eseguire un lavaggio con acqua calda (> 50 °C) e sostituire, oltre al radiatore, anche tutti i componenti in cui circola il liquido di raffreddamento (scambiatore di calore, testata del cilindro ecc.). La maggior parte dei detergenti contiene acido formico, acido ossalico o acido cloridrico, che in linea di principio non devono rimanere nel sistema di raffreddamento. Risciacquare accuratamente!

Talvolta, dopo la pulizia, si verificano mancanze di tenuta e perdite che prima non erano visibili. Il problema viene spesso ricondotto all'aggressività del detergente. In realtà in questo caso la causa effettiva risale a un difetto presente da tempo, ossia al fatto che a garantire la tenuta erano solo gli accumuli di sporcizia. MAHLE consiglia di eseguire una pulizia prima di montare un nuovo componente nel circuito di raffreddamento.

La procedura da seguire e il liquido di lavaggio da utilizzare dipendono dal grado di contaminazione e dalle indicazioni del costruttore del veicolo.

Si tenga presente che, a causa della loro struttura (se presentano ad esempio dei tubi piatti), non tutti i componenti dei moderni sistemi di raffreddamento possono essere lavati. In tal caso, devono essere sostituiti.

#### Questo vale in particolare per i seguenti componenti:

- termostate
- radiatore del liquido di raffreddamento
- elettrovalvole
- tappo
- scambiatore di calore dell'abitacolo

Se la contaminazione (olio, ruggine) impedisce di rilevare il livello del liquido di raffreddamento nel serbatoio di compensazione, occorre sostituire anche il serbatoio.

In linea generale, è opportuno sostituire il termostato e il tappo.

Quando si usano dei detergenti per sistemi di raffreddamento, assicurarsi che non corrodano i materiali delle guarnizioni, non inquinino le falde acquifere e non vengano scaricati attraverso il separatore d'olio. I detergenti devono essere raccolti assieme al liquido di raffreddamento e smaltiti separatamente. Dopo il lavaggio, riempire nuovamente il sistema con il liquido di raffreddamento seguendo le indicazioni (specifiche e rapporto di miscelazione) fornite dal costruttore del veicolo. Sfiatare quindi il sistema e sottoporlo a un controllo funzionale e di tenuta.

Antigelo = antiruggine!





Depositi simili a emulsioni in uno scambiatore di calore con inserti per turbolenze





Componenti contaminati del sistema di raffreddamento

# Pompe del liquido di raffreddamento

### Informazioni generali

Le pompe del liquido di raffreddamento sono solitamente azionate meccanicamente mediante una cinghia dentata o Poly V e convogliano il liquido attraverso il circuito di raffreddamento del motore. Le pompe possono essere direttamente collegate al motore tramite flangia o essere installate separatamente. Le tipologie sono molto diverse. Le pompe del liquido di raffreddamento devono resistere a enormi oscillazioni di temperatura (da –40 °C a circa +120 °C). I regimi variabili (500–8.000 giri/min) e le pressioni fino a 3 bar richiedono cuscinetti e guarnizioni di stabilità elevata.

Per risparmiare carburante, in futuro verrà impiegato un numero sempre maggiore di pompe del liquido di raffreddamento a comando elettrico e a regolazione elettronica.



Pompa del liquido di raffreddamento

### Struttura e funzionamento

Una pompa del liquido di raffreddamento meccanica è costituita dai 5 assiemi seguenti:

- 1. Alloggiamento
- 2. Ruota motrice
- 3. Cuscinetto a rotolamento
- 4. Guarnizione ad anello scorrevole
- 5. Girante

La ruota motrice e la girante si trovano su un albero montato sugli stessi cuscinetti. L'albero della pompa è sigillato verso l'esterno da una guarnizione ad anello scorrevole. La rotazione della girante immette il liquido di raffreddamento nell'impianto di raffreddamento. Generalmente le giranti sono in plastica o in metallo. Le giranti di plastica presentano un carico inferiore sul cuscinetto. Allo stesso tempo sono meno soggette al fenomeno della cavitazione.

Le giranti di plastica tendono tuttavia a diventare fragili con il tempo. La guarnizione ad anello scorrevole viene costantemente lubrificata e raffreddata dal liquido di raffreddamento. A causa delle caratteristiche costruttive della pompa, può succedere che quantità minime di liquido di raffreddamento penetrino nello spazio dietro la guarnizione, fuoriuscendo dal foro di sfiato della pompa. Eventuali tracce visibili di liquido di raffreddamento non indicano necessariamente un difetto della pompa.

### Conseguenze in caso di guasto

### È possibile riconoscere un guasto della pompa del liquido di raffreddamento dai seguenti indizi:

- rumorosità
- perdita di liquido di raffreddamento
- raffreddamento insufficiente/surriscaldamento del motore

#### Cause possibili:

- Danni meccanici: girante allentata/rotta cuscinetto o guarnizione difettosi ruota motrice danneggiata
- Restringimenti di sezione dovuti alla presenza di corrosione o a residui di sigillante
- Cavitazione: danneggiamento della girante dovuto alla formazione e allo scoppio di bolle di vapore nel liquido di raffreddamento guasto elettrico (cortocircuito/arresto)

### Ricerca guasti

## Fuoriuscita di liquido di raffreddamento dalla pompa dovuta ad esempio a:

 applicazione di una quantità eccessiva di sigillante: residui di pasta sigillante possono penetrare nel circuito di raffreddamento e danneggiare ad esempio la guarnizione ad anello scorrevole

### Segni di corrosione visibili nell'intero sistema di raffreddamento:

 guarnizione della testata del cilindro difettosa: i gas di scarico del motore penetrano nell'impianto di raffreddamento; variazione negativa del pH

# Gravi danni a componenti della pompa come la girante, l'alloggiamento, la guarnizione ad anello scorrevole e l'albero, dovuti alla presenza di fori da corrosione:

 liquido di raffreddamento troppo vecchio o consumato con elevata percentuale di cloruri (composti salini) in combinazione con temperature elevate

### Eccessiva fuoriuscita di liquido di raffreddamento dal foro di sfiato:

 dovuta alla presenza di corrosione nell'impianto di raffreddamento

### Istruzioni per lo smontaggio e il rimontaggio

Quando si sostituisce la pompa del liquido di raffreddamento, è necessario osservare sempre le indicazioni riportate sul foglio illustrativo del prodotto e le speciali istruzioni di montaggio fornite dal costruttore del veicolo. Se il sistema di raffreddamento è sporco, occorre lavarlo. L'impianto deve essere riempito esclusivamente con un liquido di raffreddamento conforme alle specifiche

del costruttore del veicolo. Il sistema deve essere riempito o sfiatato seguendo le indicazioni fornite dal costruttore. Un montaggio errato può surriscaldare il motore e causare danni alla cinghia di trasmissione e/o al motore stesso.

Per informazioni sull'uso, sulle specifiche e sugli intervalli di sostituzione dei liquidi di raffreddamento consultare le rispettive informazioni tecniche alla voce "liquidi di raffreddamento".

Informazioni tecnich

### 50

### Serbatoio di compensazione

### Informazioni generali

Il serbatoio di compensazione nel sistema di raffreddamento normalmente è di plastica e serve a raccogliere il liquido di raffreddamento in espansione. Di solito è montato in modo da trovarsi nel punto più alto del sistema di raffreddamento. Per consentire il controllo del livello del liquido di raffreddamento, è trasparente e dotato dei contrassegni "Min" e "Max". Inoltre, si può montare anche un sensore elettronico del livello di riempimento. La pressione nel sistema di raffreddamento viene compensata attraverso la valvola contenuta nel tappo del serbatoio di compensazione.

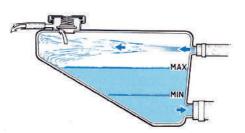


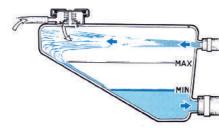
Serbatoio di compensazione

### Struttura e funzionamento

Un aumento della temperatura del liquido di raffreddamento determina un aumento di pressione nel sistema di raffreddamento, perché il liquido si espande. Di conseguenza, sale la pressione nel serbatoio di compensazione, la valvola di sovrappressione nel tappo si apre e l'aria fuoriesce.

Quando la temperatura del liquido di raffreddamento si normalizza, nel sistema si genera una pressione negativa. Il liquido di raffreddamento viene riaspirato dal serbatoio. Si genera così una pressione negativa anche nel serbatoio. Ciò fa sì che si apra la valvola di compensazione della pressione negativa nel tappo del serbatoio. L'aria rifluisce nel serbatoio finché la pressione non viene compensata.





Funzionamento del serbatoio di compensazione

### Conseguenze in caso di guasto

### È possibile riconoscere un serbatoio di compensazione o un tappo difettosi dai seguenti fattori:

- perdita (perdite) di liquido di raffreddamento su vari componenti del sistema o sul serbatoio di compensazione stesso
- temperatura del liquido di raffreddamento o del motore troppo elevata
- serbatoio di compensazione o altri componenti del sistema fessurati/spaccati

### Cause possibili:

- sovrappressione nel sistema di raffreddamento a causa di una valvola del tappo guasta
- usura del materiale

### Ricerca guasti

### Procedura per l'individuazione dei guasti:

- controllare il livello del liquido di raffreddamento e dell'antigelo
- controllare che il liquido di raffreddamento non sia sporco (olio, sigillante, depositi di calcare) o che non abbia cambiato colore
- controllare il funzionamento di termostato, radiatore, scambiatore di calore, tubi flessibili e condotti flessibili e che non vi siano perdite di tenuta
- eventualmente togliere pressione dal sistema di raffreddamento (prova di pressione)
- fare attenzione alle bolle d'aria nel sistema di raffreddamento, eventualmente sfiatare il sistema di raffreddamento attenendosi alle prescrizioni del costruttore del veicolo

Se si sono seguiti tutti i punti senza rilevare anomalie, sostituire il tappo del serbatoio di compensazione. Il controllo della valvola del tappo è difficile da eseguire.

Informazioni tecniche

# Scambiatore di calore dell'abitacolo

### Informazioni generali

Lo scambiatore di calore è situato nel gruppo di riscaldamento dell'abitacolo del veicolo; al suo interno scorre il liquido di raffred-damento. L'aria aspirata dell'abitacolo viene convogliata attraverso lo scambiatore di calore e quindi riscaldata.

### Struttura e funzionamento

Lo scambiatore di calore dell'abitacolo è costituito, come il radiatore del liquido di raffreddamento, da un sistema di alette e tubazioni ad assemblaggio meccanico. Anche in questo caso si tende a scegliere strutture completamente in alluminio. Il liquido di raffreddamento scorre nello scambiatore di calore dell'abitacolo. Generalmente la portata d'aria viene regolata mediante valvole a comando meccanico o elettrico. L'aria dell'abitacolo viene riscaldata tramite le alette di raffreddamento (rete) dello scambiatore di calore. Il flusso d'aria generato dalla ventola dell'abitacolo o dall'aria esterna viene condotto attraverso lo scambiatore di calore dell'abitacolo in cui fluisce l'acqua di raffreddamento calda. L'aria così riscaldata viene riconvogliata nell'abitacolo del veicolo.



### Conseguenze in caso di guasto

È possibile riconoscere un guasto o un'anomalia funzionale dello scambiatore di calore dell'abitacolo dai seguenti fattori:

- scarsa capacità di riscaldamento
- perdita di acqua di raffreddamento
- formazione di odori (dolciastri)
- vetri appannati
- flusso d'aria insufficiente

#### Cause possibili:

- scambiatore di calore difettoso a causa di contaminazioni interne o esterne (corrosione, additivi per liquido di raffreddamento, sporcizia, depositi di calcare)
- perdita di liquido di raffreddamento dovuta alla corrosione
- perdita di liquido di raffreddamento dovuta a raccordi non a tenuta
- filtro abitacolo sporco
- sporcizia/blocchi nel sistema di ventilazione (foglie)
- comando degli sportelli difettoso

### Ricerca guasti

- prestare attenzione alla formazione di odori e all'appannamento dei vetri
- controllare il filtro abitacolo
- verificare la presenza di eventuali mancanze di tenuta (connettori delle tubazioni, bordature, rete) nello scambiatore di calore dell'abitacolo

- controllare che il liquido di raffreddamento non sia sporco o che non abbia cambiato colore
- controllare il flusso del liquido di raffreddamento (intasamenti provocati da sostanze estranee, depositi di calcare, corrosione)
- misurare la temperatura d'ingresso e di uscita del liquido di raffreddamento
- controllare che nell'impianto di areazione non vi siano blocchi/ sostanze estranee
- controllare il comando degli sportelli (ricircolo/aria fresca)



Scambiatore di calore completamente in alluminio

Informazioni tecniche

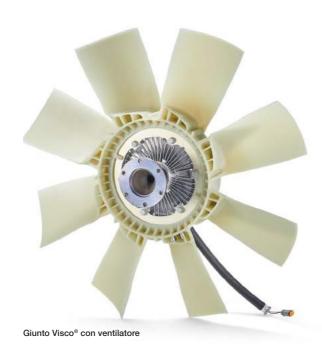
### Ventilatore Visco®

### Informazioni generali

Per dissipare il calore nei motori dei veicoli commerciali e delle autovetture più potenti, oltre a radiatori di alta efficienza occorrono anche ventilatori e relativi sistemi di azionamento che forniscano aria di raffreddamento in modo particolarmente efficiente. I ventilatori Visco® sono composti da una girante e da un giunto Visco®. Vengono utilizzati nei motori montati in senso longitudinale e sono installati a monte del radiatore (direzione di marcia) e azionati mediante una cinghia trapezoidale o direttamente dal motore.

### Struttura e funzionamento

La girante è realizzata prevalentemente in plastica ed è avvitata al giunto Visco®. Il numero e la posizione delle alette del ventilatore variano a seconda della struttura. L'alloggiamento del giunto Visco® è in alluminio ed è dotato di diverse alette di raffreddamento. La regolazione del ventilatore Visco® può essere effettuata da un giunto bimetallico autoregolante in funzione della temperatura. Il valore di regolazione è pari alla temperatura ambiente del radiatore del liquido di raffreddamento. Un'altra variante è costituita dal giunto Visco® a comando elettrico. Quest'ultimo viene controllato elettronicamente ed azionato elettromagneticamente. Per la regolazione si applicano i valori di ingresso di diversi sensori. Per ulteriori informazioni consultare le informazioni tecniche del giunto Visco®.



### Conseguenze in caso di guasto

# È possibile riconoscere un ventilatore Visco® difettoso dai seguenti fattori:

- forte rumorosità
- aumento della temperatura del motore o del liquido di raffreddamento

### Cause possibili:

- girante danneggiata
- perdita di olio/mancanza di tenuta
- contaminazione della superficie di raffreddamento o dell'elemento bimetallico
- danni ai cuscinetti

### Ricerca guasti

- controllare il livello del liquido di raffreddamento
- controllare l'eventuale danneggiamento della girante
- verificare la presenza di perdite d'olio
- verificare che i cuscinetti non abbiano gioco e che non siano rumorosi
- controllare il fissaggio della girante e del giunto Visco®
- controllare la sede corretta e la presenza dei deflettori/ convogliatori d'aria



Giunto Visco®

### Giunto Visco®

### Informazioni generali

Il giunto Visco® è un componente del ventilatore Visco®. Ha il compito di stabilire l'aderenza fra propulsione e girante e di influenzarne il numero di giri in funzione della temperatura. Sul giunto è montato un ventilatore in plastica che genera il flusso d'aria in base al fabbisogno. I ventilatori Visco® vengono utilizzati prevalentemente nei motori installati in senso longitudinale di autovetture di grande cilindrata e di veicoli commerciali.

#### Struttura e funzionamento

Il giunto Visco® viene azionato direttamente dal motore attraverso un albero (figura 1). Se non c'è necessità di aria fresca, il giunto Visco® si disinserisce e inizia a girare a regime inferiore. Se il fabbisogno aumenta, l'olio siliconico passa dal serbatoio al vano di lavoro. Qui, l'attrito del liquido trasmette la coppia di azionamento senza usura al ventilatore, la cui velocità si regola in modo continuo in base alle condizioni di funzionamento.



Figura 1

Il punto di attivazione è a circa 80 °C. Nel giunto Visco® convenzionale, l'aria di scarico del radiatore investe un elemento bimetallico (figura 2) la cui deformazione termica provoca l'apertura e la chiusura di una valvola attraverso un perno e una leva. Le coppie trasmissibili e le velocità di rotazione della ventola dipendono dalla posizione della valvola e quindi dalla quantità di olio presente nella camera di lavoro. La quantità di olio di riempimento è compresa tra 30 e 50 ml (autovetture).



Figura 2

Anche quando la camera di lavoro è completamente piena, si verifica una differenza tra velocità di azionamento e velocità della ventola (slittamento). Il calore generato viene ceduto all'aria ambiente attraverso le alette di raffreddamento. Nel giunto Visco® a comando elettronico la regolazione avviene direttamente mediante dei sensori. Un regolatore elabora i valori e una corrente di comando temporizzata li invia all'elettromagnete integrato. Il controllo del flusso interno dell'olio avviene attraverso un campo magnetico definito, guidato tramite un rotore. Un sensore supplementare per la velocità di rotazione della ventola chiude il circuito di regolazione.

### Conseguenze in caso di guasto

## È possibile riconoscere un giunto Visco® difettoso dai seguenti fattori:

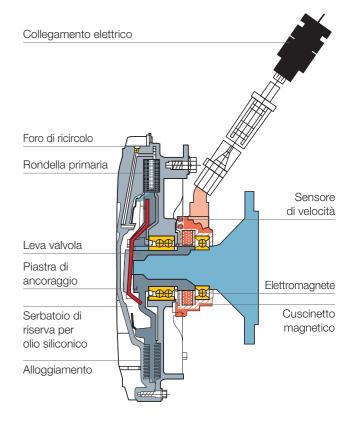
- aumento della temperatura del motore o della temperatura del liquido di raffreddamento
- forte rumorosità
- la girante della ventola funziona a pieno regime in tutte le condizioni operative

### Cause possibili:

- assenza di trasmissione di forza a causa della perdita d'olio
- perdite di olio per mancanza di tenuta
- contaminazione della superficie di raffreddamento o dell'elemento bimetallico
- danni interni (ad es. valvola di regolazione)
- danni ai cuscinetti
- girante danneggiata
- aderenza piena costante per un difetto nel giunto

### Ricerca guasti

- controllare il livello del liquido di raffreddamento e dell'antigelo
- verificare la presenza di eventuali contaminazioni esterne o danni al ventilatore Visco®
- verificare che i cuscinetti non abbiano gioco e che non siano rumorosi
- verificare la presenza di perdite d'olio
- controllare il giunto Visco® ruotandolo a mano a motore spento;
   la girante deve ruotare facilmente quando il motore è freddo,
   mentre deve essere più dura a motore caldo
- se possibile, verificare lo slittamento del giunto confrontando la velocità di rotazione della ventola e quella dell'albero di azionamento. In caso di piena trasmissione della forza, la differenza deve essere al massimo del 5% nel caso di ventole azionate direttamente; si può usare un contagiri ottico con strisce riflettenti



Giunto Visco® a comando elettronico

- controllare il collegamento elettrico (giunto Visco<sup>®</sup> a comando elettronico)
- controllare i deflettori e i convogliatori d'aria
- assicurarsi che i radiatori abbiano una portata d'aria sufficiente



Contagiri ottico

### Radiatore olio

### Informazioni generali

Il raffreddamento degli oli soggetti a elevate sollecitazioni termiche (motore, cambio, servosterzo) mediante un radiatore dell'olio, al fine di garantire una temperatura pressoché costante, presenta dei vantaggi considerevoli. Gli intervalli di sostituzione dell'olio si allungano e

aumenta la vita utile di vari componenti. A seconda delle esigenze, è possibile collocare il radiatore dell'olio all'interno del radiatore del motore o al di sopra di esso oppure direttamente sul blocco motore. Generalmente si distinguono due tipi di radiatore dell'olio: quelli raffreddati ad aria e quelli raffreddati a liquido.



Radiatore olio per servosterzo

### Struttura e funzionamento

Con i motori fortemente sollecitati di oggi, un sistema di raffreddamento convenzionale non è più sufficiente. Il raffreddamento dell'olio motore per esempio è molto irregolare, perché dipende dalla temperatura esterna e dall'aria esterna. I radiatori dell'olio raffreddati ad aria, disposti nella corrente d'aria della parte frontale del veicolo, contribuiscono a far raffreddare sufficientemente la temperatura dell'olio. I radiatori dell'olio raffreddati a liquido sono collegati al circuito del liquido di raffreddamento del motore e offrono una regolazione ottimale della temperatura. Il liquido di raffreddamento scorre nel radiatore dell'olio. Quando il motore è caldo, il liquido di raffreddamento sottrae calore all'olio, raffreddandolo. Quando il motore è freddo, il liquido di raffreddamento si riscalda più rapidamente dell'olio, riscaldandolo.

L'olio raggiunge quindi più rapidamente la temperatura di esercizio. Raggiungere rapidamente la temperatura di esercizio o una temperatura uniforme è importante soprattutto nel cambio automatico e nel servosterzo. In caso contrario, si rischia che lo sterzo diventi o troppo duro o troppo morbido. Oggi si tende a sostituire sempre più i radiatori tubolari con radiatori compatti a piastre impilate, completamente in alluminio. Questi modelli offrono un maggiore raffreddamento della superficie a parità di riduzione dell'ingombro e possono essere montati in diverse parti del vano motore.



Radiatore olio per retarder



Radiatore olio motore

#### Conseguenze in caso di guasto

# È possibile riconoscere un radiatore olio/aria difettoso dai seguenti fattori:

- capacità di raffreddamento ridotta
- perdita d'olio
- aumento della temperatura dell'olio
- liquido di raffreddamento contaminato

### Cause possibili:

 scambio di calore insufficiente causato da contaminazioni interne o esterne (insetti, sporcizia, morchie, corrosione)

- perdita d'olio in seguito a danni (incidente)
- ingresso di olio nel sistema di raffreddamento (perdita interna)
- perdita di olio dovuta a raccordi non a tenuta

### Ricerca guasti

# Procedura per l'individuazione dei guasti:

 controllare il livello dell'olio e del liquido di raffreddamento

- controllare che il radiatore dell'olio non presenti contaminazioni esterne e danni (crepe sottili)
- controllare che il liquido di raffreddamento non sia sporco e che non abbia cambiato colore, e controllare il livello di antigelo
- prestare attenzione alla presenza di perdite esterne (raccordi)
- controllare la portata d'aria (intasamenti provocati da corpi estranei, corrosione, morchia, ecc.)

# Radiatore olio per retarder idrodinamici

### Informazioni generali

I retarder idrodinamici (che funzionano con i liquidi) vengono utilizzati sui veicoli commerciali per supportare l'impianto frenante vero e proprio e sono freni idrodinamici praticamente non soggetti a

usura. L'energia cinetica convertita in calore, generata dalla decelerazione della velocità di flusso dell'olio, deve essere ritrasmessa al sistema di raffreddamento attraverso uno scambiatore di calore. Il retarder viene attivato dal conducente oppure interviene automaticamente. La potenza di frenata è di diverse centinaia di kW.

#### Struttura e funzionamento

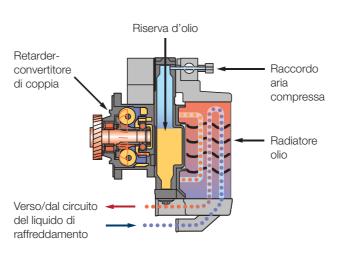
Sui veicoli commerciali, oltre al freno di servizio che di solito è un freno ad attrito soggetto a usura, i costruttori di veicoli montano sempre più spesso dispositivi di decelerazione supplementari, che non si usurano. Una delle tipologie di retarder è il retarder idrodinamico, la cui struttura varia in base al tipo di montaggio. A questo proposito si distinguono i retarder interni ed esterni. I retarder esterni possono essere posizionati liberamente nella zona della trasmissione, mentre i retarder interni sono integrati parzialmente o interamente nel cambio. I retarder sono disponibili nelle versioni "inline" (integrate nell'apparato propulsore) e "offline" (collegate lateralmente sul cambio tramite una flangia).

#### Tutte le versioni hanno diversi obiettivi in comune:

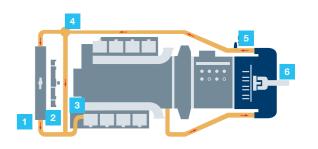
- ridurre la velocità del veicolo
- mantenere costante la velocità in pendenza
- ridurre l'usura del freno di servizio
- proteggere il freno di servizio dai sovraccarichi

I retarder idrodinamici (figura 2 nella pagina seguente) funzionano principalmente con l'olio (talvolta anche con l'acqua) e dispongono di una riserva di olio interna o esterna che durante la frenata viene inviata nell'alloggiamento del convertitore utilizzando l'aria compressa. Il corpo esterno è costituito da due giranti a palette contrapposte, da un rotore, collegato all'apparato propulsore del veicolo, e da uno statore fisso. Il rotore accelera l'olio circolante. Grazie alla forma delle pale del rotore e alla forza centrifuga, l'olio viene inviato allo statore, che fa frenare il rotore e, di conseguenza, l'albero di trasmissione. L'energia termica generata nel retarder riscalda l'olio, che viene nuovamente raffreddato attraverso un radiatore dell'olio (figura 4 nella pagina seguente).

Il radiatore dell'olio in acciaio o completamente in alluminio è collegato sul retarder tramite una flangia e cede il calore assorbito al circuito di raffreddamento del veicolo. Per evitare che si superi la temperatura limite prestabilita, in prossimità del radiatore dell'olio si monta un sensore per il monitoraggio della temperatura del liquido di raffreddamento. Il sensore fa in modo che il retarder venga abbassato o disattivato in caso di superamento della temperatura limite.



Retarder con radiatore dell'olio installato



- Radiatore del veicolo
- 2 Ventola del radiatore
- 3 Pompa del liquido di raffreddamento
- 4 Termostato per liquido refrigerante
- 5 Sensore temperatura del liquido di raffreddamento
- 6 Retarder con radiatore olio

Circuito di raffreddamento con retarder

### Conseguenze in caso di guasto

### Un guasto/difetto del retarder è riconoscibile dai seguenti fattori:

- perdita di liquido di raffreddamento
- perdita d'olio
- miscela di olio e acqua
- totale avaria della funzione frenante

### Cause possibili:

 surriscaldamento del sistema di raffreddamento dovuto alla carenza di liquido di raffreddamento, oppure da liquido di raffreddamento o miscela del liquido di raffreddamento errati

- surriscaldamento del liquido di raffreddamento dovuto a comportamenti errati (frenata completa del veicolo con regime del motore ridotto, selezione errata delle marce) e alla conseguente cavitazione (formazione di bolle nel liquido di raffreddamento in seguito a carichi termici elevati); vedere figura 3
- danno alle guarnizioni/ai connettori delle tubazioni
- restringimenti di sezione dovuti a contaminazione all'interno dello scambiatore di calore o del sistema di raffreddamento
- carichi termici elevati o improvvisi (temperatura/pressione)
- perdite all'interno dello scambiatore di calore
- guasto al sensore di temperatura (figura 1)

### Ricerca guasti

### Nella ricerca delle anomalie, è necessario seguire questi passaggi:

- verificare che il liquido di raffreddamento sia conforme alle prescrizioni del costruttore del veicolo (tipo di liquido di raffreddamento, rapporto di miscelazione)
- controllare il livello del liquido di raffreddamento
- verificare che il sistema di raffreddamento non presenti mancanze di tenuta e impurità (olio, calcare, ruggine, sigillante)
- controllare eventuali restringimenti di sezione nell'ingresso/ scarico del liquido di raffreddamento

- controllare che lo scambiatore di calore sia posizionato correttamente e non presenti crepe
- controllare i componenti elettrici (sensore)
- controllare il funzionamento di altri componenti del sistema di raffreddamento (ventola, termostato, pompa dell'acqua, tappo)

Quando si sostituisce il radiatore dell'olio, è necessario lavare il sistema di raffreddamento e sostituire l'olio del retarder e il liquido di raffreddamento. Per il lavaggio utilizzare ad esempio un detergente per sistemi di raffreddamento. Osservare sempre le istruzioni specifiche per il veicolo fornite separatamente dal costruttore.

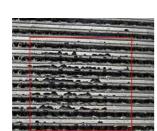


Figura 3



Figura 4

### Intercooler

### Informazioni generali

Aumento delle prestazioni in tutto l'intervallo di regimi, risparmio di carburante e minore carico termico del motore, riduzione dei valori dei gas di scarico, minore carico termico del motore: ci sono molte ragioni per raffreddare l'aria di combustione dei motori sovralimentati con l'intercooler. Fondamentalmente, si distinguono due tipi di raffreddamento: il raffreddamento diretto dell'aria di sovralimentazione, in cui l'intercooler è montato nella parte anteriore del veicolo e viene raffreddato con l'aria circostante (aria esterna), e il raffreddamento indiretto dell'aria di sovralimentazione, in cui il liquido di raffreddamento scorre nell'intercooler e dissipa il calore.



#### Struttura e funzionamento

Dal punto di vista della struttura, l'intercooler è simile al radiatore del liquido di raffreddamento. Nel caso dell'intercooler (LLK), il mezzo da raffreddare non è il liquido di raffreddamento, bensì l'aria calda compressa (che può raggiungere i 150 °C) proveniente dal turbocompressore. Di norma, il calore può essere sottratto dall'aria di sovralimentazione utilizzando l'aria esterna o il liquido di raffreddamento del motore. L'aria di sovralimentazione entra nell'intercooler e, nel caso dell'intercooler diretto, viene attraversata dall'aria esterna che investe il veicolo in movimento e arriva raffreddata al condotto di aspirazione del motore. Nel caso dell'intercooler raffreddato con liquido di raffreddamento, la posizione di montaggio può essere scelta quasi liberamente; a questo proposito, anche l'ingombro minore risulta vantaggioso. Nel caso del raffreddamento indiretto dell'aria di sovralimentazione per esempio, l'intercooler raffreddato con il liquido di raffreddamento e il condotto di aspirazione possono formare un gruppo unico. Senza un circuito di raffreddamento aggiuntivo

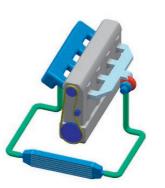
tuttavia, la temperatura dell'aria di sovralimentazione può solo avvicinarsi a quella del liquido di raffreddamento. Con l'aiuto di un circuito di raffreddamento dell'intercooler separato, indipendente dal circuito del liquido di raffreddamento del motore, è possibile aumentare il grado di efficienza del motore aumentando la densità dell'aria.

In questo circuito sono integrati un radiatore del liquido di raffreddamento a bassa temperatura e un intercooler aria/liquido di raffreddamento. Il calore disperso dall'aria di sovralimentazione viene prima trasmesso al refrigerante, quindi viene passato all'aria circostante attraverso un radiatore del liquido di raffreddamento a bassa temperatura. Il radiatore a bassa temperatura si trova nella parte anteriore del veicolo. Poiché il radiatore a bassa temperatura è molto meno ingombrante di un intercooler convenzionale raffreddato ad aria, nella parte anteriore del veicolo si libera dello spazio. Inoltre, si possono eliminare i voluminosi condotti di sovralimentazione dell'aria.



Figura 2





Rappresentazione schematica



Intercooler indiretto/collettore di aspirazione con intercooler integrato

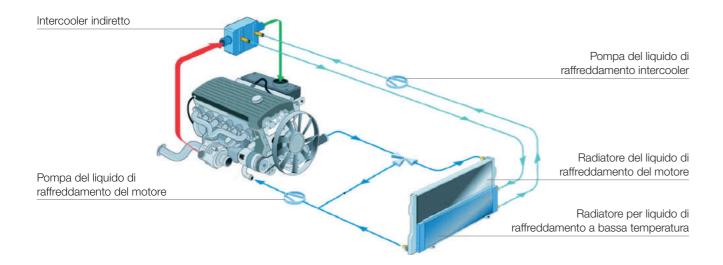
### Conseguenze in caso di guasto

### È possibile riconoscere un intercooler difettoso dai seguenti fattori:

- scarsa potenza del motore
- perdita di liquido di raffreddamento (per intercooler a liquido di raffreddamento)
- maggiori emissioni di inquinanti
- maggiore consumo di carburante

#### Cause possibili:

- collegamenti delle tubazioni flessibili o del refrigerante danneggiati o bloccati
- perdita di liquido di raffreddamento o aria d'infiltrazione dovuta a perdite
- danni esterni (pietrisco, incidenti)
- flusso d'aria ridotto (sporcizia)
- scambiatore di calore difettoso a causa di contaminazioni (corrosione, sigillante, depositi di calcare)
- guasto alla pompa del liquido di raffreddamento (con radiatore del liquido di raffreddamento a bassa temperatura)



### Ricerca guasti

### Procedura per l'individuazione dei guasti:

- controllare il livello del liquido di raffreddamento
- controllare che il liquido di raffreddamento non sia sporco e che non abbia cambiato colore, e controllare il livello di antigelo
- verificare la presenza di danni esterni e contaminazione
- verificare la tenuta dei componenti del sistema e degli elementi di collegamento (condotti flessibili)
- controllare la pompa del liquido di raffreddamento
- controllare la ventola e la ventola supplementare
- controllare la portata d'aria (intasamenti provocati da corpi estranei, corrosione)

### Radiatore per il ricircolo dei gas di scarico (EGR)

### Informazioni generali

Il sistema di ricircolo dei gas di scarico raffreddati (EGR) consente di rispettare i rigorosi valori limite imposti dalla norma Euro 6 in materia di emissione di ossidi di azoto (NO<sub>x</sub>). In questo sistema, una parte del flusso principale dei gas di scarico tra collettore di scarico e turbocompressore viene convogliata in uno speciale scambiatore di calore (radiatore EGR) per essere raffreddata e quindi reimmessa nell'aria aspirata. Ciò consente di abbassare la temperatura di combustione nel motore e di ridurre la formazione di ossidi di azoto.



Radiatore EGR smontato

### Struttura e funzionamento

Il radiatore EGR installato accanto al motore è realizzato in acciaio inossidabile o alluminio. Dispone di vari attacchi, attraverso i quali entrano nel radiatore i gas di scarico bollenti e il liquido di raffreddamento. Dopo essersi raffreddati, i gas di scarico fuoriescono

dal radiatore per essere immessi in modo controllato nel sistema di aspirazione e quindi nella camera di combustione. Ciò consente di ridurre le emissioni di ossidi di azoto già a monte del catalizzatore. Nel radiatore EGR sono installati degli attuatori pneumatici o/e elettrici, che regolano il flusso di ricircolo dei gas di scarico.

#### Cause di quasto e consequenze

Il radiatore EGR non è un pezzo tipicamente soggetto a usura. Alcune condizioni problematiche (es. estreme oscillazioni termiche o additivi del liquido di raffreddamento aggressivi o assenti) possono però causare delle mancanze di tenuta interne o esterne. Può inoltre verificarsi un guasto degli attuatori. Una graduale perdita di liquido di raffreddamento, spesso associata a un aumento della temperatura del motore, può segnalare una mancanza di tenuta del radiatore EGR.

Tale perdita può passare dapprima inosservata, perché quando il motore è in funzione la contropressione dei gas di scarico è superiore alla pressione del liquido di raffreddamento. A motore spento, la pressione scende e il liquido di raffreddamento fuoriesce dal condotto di aspirazione o di scarico del motore. Se il radiatore si trova al di sopra delle valvole di aspirazione e scarico, può prodursi un accumulo di liquido di raffreddamento nella camera di combustione.

Al riavvio del motore, il "colpo d'ariete" può causare danni meccanici ai componenti del motore.

Se il radiatore EGR ha delle fessure, la pressione di scarico potrebbe fuoriuscire in modo incontrollato e non fornire una pressione sufficiente al turbocompressore. Il risultato è una mancanza di pressione di alimentazione o una riduzione della potenza del motore. Gli attuatori installati sul radiatore EGR possono guastarsi a causa di mancanze di tenuta, di uno strappo alla membrana (pneumatica), di un guasto elettrico (azionamento, contatti) o meccanico (trazione/comando poco scorrevoli o rotti).

Un'altra possibile causa di guasto è il deposito interno di carbonio nel radiatore EGR. Molti di questi difetti vengono riconosciuti dalla centralina e determinano l'accensione della spia di controllo del motore.

### Ricerca guasti

Per la posizione in cui è montato il radiatore EGR, la ricerca guasti spesso risulta molto difficile. Esistono tuttavia molte modalità per testare i componenti e individuare la causa del guasto:

#### 1. Leggere la memoria errori

 La lettura della memoria errori offre indicazioni sull'area in cui si è verificato il difetto

#### 2. Osservare i blocchi dei valori misurati

 Confrontando i valori nominali/effettivi, è possibile trarre conclusioni sul funzionamento e sulla posizione dei componenti

#### 3. Controllo visivo e acustico

 Con un esame ottico e acustico, è possibile rilevare eventuali mancanze di tenuta (liquido di raffreddamento, gas di scarico, pressione/pressione negativa) e contaminazioni

#### 4. Controllo meccanico

 Controllare la funzionalità e la scorrevolezza dei sistemi di propulsione meccanica (servomotore)

#### 5. Prova di pressione/pressione negativa

 Mediante una pompa a pressione o a depressione è possibile controllare i componenti pneumatici (capsula a depressione, valvole, trasduttore di pressione) e i tubi flessibili

#### 6. Utilizzo del multimetro

 Con il multimetro si può controllare l'alimentazione dei componenti elettrici

#### 7. Prova con oscilloscopio

 Si consiglia l'uso di un oscilloscopio soprattutto nel controllare l'azionamento dei componenti (segnale PWM)

Prima di iniziare la diagnosi, si raccomanda di approfondire la conoscenza del sistema e dei componenti installati consultando la documentazione specifica del veicolo (schema elettrico, valori di prova). Questo permetterà di svolgere una ricerca guasti corretta e strutturata.



Radiatore EGR ad azionamento meccanico



Radiatore EGR con servomotore e capsula a depressione

# Riscaldatore supplementare PTC

### Informazioni generali

L'elevato grado di efficienza dei moderni motori a iniezione diretta (ad esempio TDI) fa sì che il calore disperso non sia più sufficiente a riscaldare rapidamente l'abitacolo nei giorni più freddi. I riscaldatori ausiliari PTC, installati a monte dello scambiatore di calore nella direzione di marcia, accelerano il riscaldamento dell'abitacolo. Sono costituiti da diverse resistenze comandate elettricamente in funzione della temperatura. L'energia viene prelevata immediatamente dall'impianto elettrico di bordo e trasferita direttamente all'abitacolo del veicolo sotto forma di calore tramite il flusso d'aria della ventola.



Riscaldatore ausiliario PTC

#### Struttura e funzionamento

Gli elementi PTC rientrano nella categoria delle resistenze ceramiche non lineari. PTC è l'acronimo di "Positive Temperature Coefficient". Questa espressione indica che la resistenza elettrica di un elemento aumenta al crescere della sua temperatura. Questa definizione non è però del tutto esatta, poiché in un primo momento la resistenza diminuisce all'aumentare della temperatura. In questo intervallo la curva caratteristica della resistenza presenta dunque un coefficiente termico negativo. La caratteristica di temperatura passa da negativa a positiva solo quando viene raggiunta la resistenza minima; in altre parole, all'aumentare della temperatura la resistenza diminuisce lentamente in una prima fase, mentre a partire da circa 80 °C aumenta notevolmente finché il nucleo PTC non assorbe praticamente più corrente. In questo punto la temperatura superficiale, quando non passa aria attraverso il riscaldatore PTC, è pari a circa 150 °C, mentre quella del telaio in metallo a circa 110 °C. Il riscaldatore PTC è costituito da diversi riscaldatori, da un telaio di fissaggio, da un telaio isolante e dal relè o dall'elettronica di potenza.

I riscaldatori si compongono di nuclei PTC in ceramica, lamiere di contatto, raccordi e alette corrugate in alluminio. Le alette corrugate aumentano la superficie di dispersione termica delle lamiere di contatto. Per favorire il trasferimento del calore nell'aria, le alette corrugate sono dotate di fessure dette "lamelle". Grazie al trasferimento del calore più efficiente, questo tipo di riscaldatori ausiliari necessita di un incremento di corrente di entrata inferiore rispetto al tipo con alette corrugate prive di lamelle. Il vantaggio di questa soluzione è che i singoli elementi PTC possono essere attivati più frequentemente. Di conseguenza il riscaldatore può funzionare a una potenza complessivamente superiore. Le competenze necessarie per la produzione di queste alette con

"lamelle" provengono dall'esperienza acquisita con la costruzione dei radiatori. Nell'unità di riscaldamento/climatizzazione, il riscaldatore ausiliario è montato direttamente dietro lo scambiatore di calore tradizionale in direzione del flusso d'aria, riducendo così al minimo l'ingombro. In presenza di basse temperature esterne e a motore freddo, nel riscaldatore PTC viene fatta fluire prima aria fredda o leggermente riscaldata dallo scambiatore di calore. La temperatura e la resistenza dei riscaldatori sono basse, mentre la potenza di riscaldamento è alta. Con l'attivazione del riscaldamento convenzionale aumentano la temperatura dell'aria e la resistenza, mentre si riduce la potenza di riscaldamento. La temperatura superficiale di un riscaldatore PTC attraversato da aria calda a 25 °C genera una portata volumetrica pari a circa 480 kg di aria all'ora. Con questa temperatura dell'aria, la rete di riscaldamento assume una temperatura media di 50 °C. La resistenza nominale degli elementi PTC può essere scelta liberamente. Essa determina anche i valori della potenza e dell'assorbimento di corrente. Una resistenza nominale bassa consente un'elevata potenza di riscaldamento durante il funzionamento. La potenza dei riscaldatori PTC è compresa tra 1 e 2 kW. A 2 kW si raggiunge il limite di potenza della rete da 12 V (150 A a 13 V). Un circuito di bordo da 42 V consentirebbe potenze maggiori. La massa ridotta del riscaldatore PTC e il fatto che il calore generato elettricamente venga trasmesso direttamente al flusso d'aria senza deviazioni fanno sì che esso reagisca in modo pressoché immediato. Questa elevata reattività rappresenta la principale caratteristica dei riscaldatori ausiliari PTC. E poiché anche il motore raggiunge la temperatura d'esercizio più rapidamente a causa del carico supplementare a cui è sottoposto il generatore, anche il sistema di riscaldamento tradizionale risponde più in fretta. Questa potenza termica supplementare corrisponde a circa due terzi della potenza del riscaldatore PTC. Praticamente, si può dire che questa potenza di riscaldamento sia imputabile al 74 Informazioni toonic

75

riscaldatore PTC. La caratteristica curva di resistenza degli elementi PTC impedisce il surriscaldamento del riscaldatore PTC. La temperatura superficiale del telaio in metallo resta sempre sotto i 110 °C. Inoltre, a temperature superiori dell'aria in uscita dello scambiatore di calore, la potenza del riscaldatore PTC si riduce. Un'elettronica di potenza consente di regolare il riscaldatore PTC su diversi livelli o in modo continuo, in modo da adattarlo alla potenza di riscaldamento necessaria o alla potenza elettrica disponibile. Il riscaldatore PTC può essere comandato dall'esterno con un relè o mediante un sistema di regolazione integrato con l'elettronica di potenza. In caso di comando a relè, sta al costruttore del veicolo stabilire quali e quanti livelli attivare. Se il riscaldatore ausiliario include un sistema di regolazione integrato, si distingue tra funzionalità minima e funzionalità elevata. Nella funzionalità minima i livelli vengono attivati singolarmente.

L'elettronica di potenza protegge il riscaldatore ausiliario da sovratensione, cortocircuito e inversione di polarità. Questa regolazione non contempla una funzione di diagnosi. La regolazione a stadi prevede fino a otto livelli. Il controllo avviene in funzione del bilancio elettrico disponibile e del fabbisogno energetico supplementare, ossia del comfort termico desiderato. Nella regolazione ad alta funzionalità, il controllo dell'elettronica di potenza può essere gestito ad esempio in modo continuo mediante un bus LIN o CAN sul lato veicolo. Ciò significa poter sempre sfruttare in modo ottimale per il riscaldamento supplementare la corrente resa disponibile in ogni situazione dal circuito di bordo. Per garantire un'efficace protezione da sovratensione, cortocircuito e inversione di polarità, l'elettronica di potenza ad alta funzionalità include inoltre una protezione da sovraccarico per ciascun livello, una protezione da surriscaldamento per il circuito stampato e un sistema di monitoraggio della tensione. La regolazione ad alta funzionalità è predisposta per la diagnosi.

### Conseguenze in caso di guasto

# È possibile riconoscere un riscaldatore ausiliario PTC difettoso dai seguenti fattori:

- potenza di riscaldamento ridotta a motore freddo
- memorizzazione di un codice di errore nella memoria guasti

#### Cause possibili:

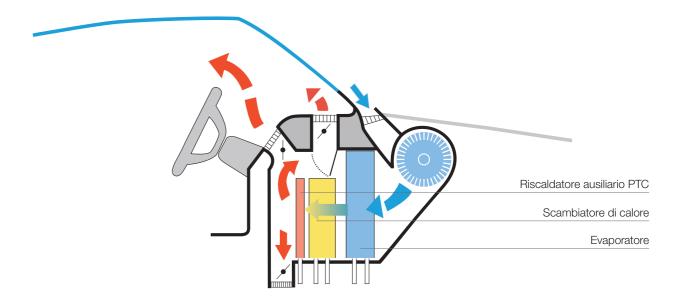
- comando elettrico o collegamenti elettrici del riscaldatore ausiliario PTC difettosi
- riscaldatore ausiliario PTC difettoso (elettronica di potenza, resistenze)

### Ricerca guasti

### Procedura per l'individuazione dei guasti:

- controllare il fusibile
- leggere la memoria errori
- leggere i blocchi dei valori misurati
- controllare il comando elettrico (relè)
- controllare i collegamenti elettrici

In molti veicoli, la centralina dell'impianto elettrico di bordo regola il riscaldatore PTC ausiliario mediante la cosiddetta "gestione dei carichi" e, in caso di sovraccarico dell'impianto elettrico, disattiva il riscaldatore. Spesso è possibile visualizzare lo stato della gestione dei carichi attraverso i blocchi dei valori misurati. In caso di potenza calorifica ridotta, leggendo la memoria errori e i blocchi dei valori misurati si può determinare se si è verificato un sovraccarico dell'impianto elettrico di bordo tale da provocare la disattivazione del riscaldatore ausiliario. Anche un riscaldatore ausiliario difettoso può causare un sovraccarico.



MAHLE Aftermarket GmbH Pragstraße 26 - 46 70376 Stuttgart/Germania Telefono: +49 711 501-0

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