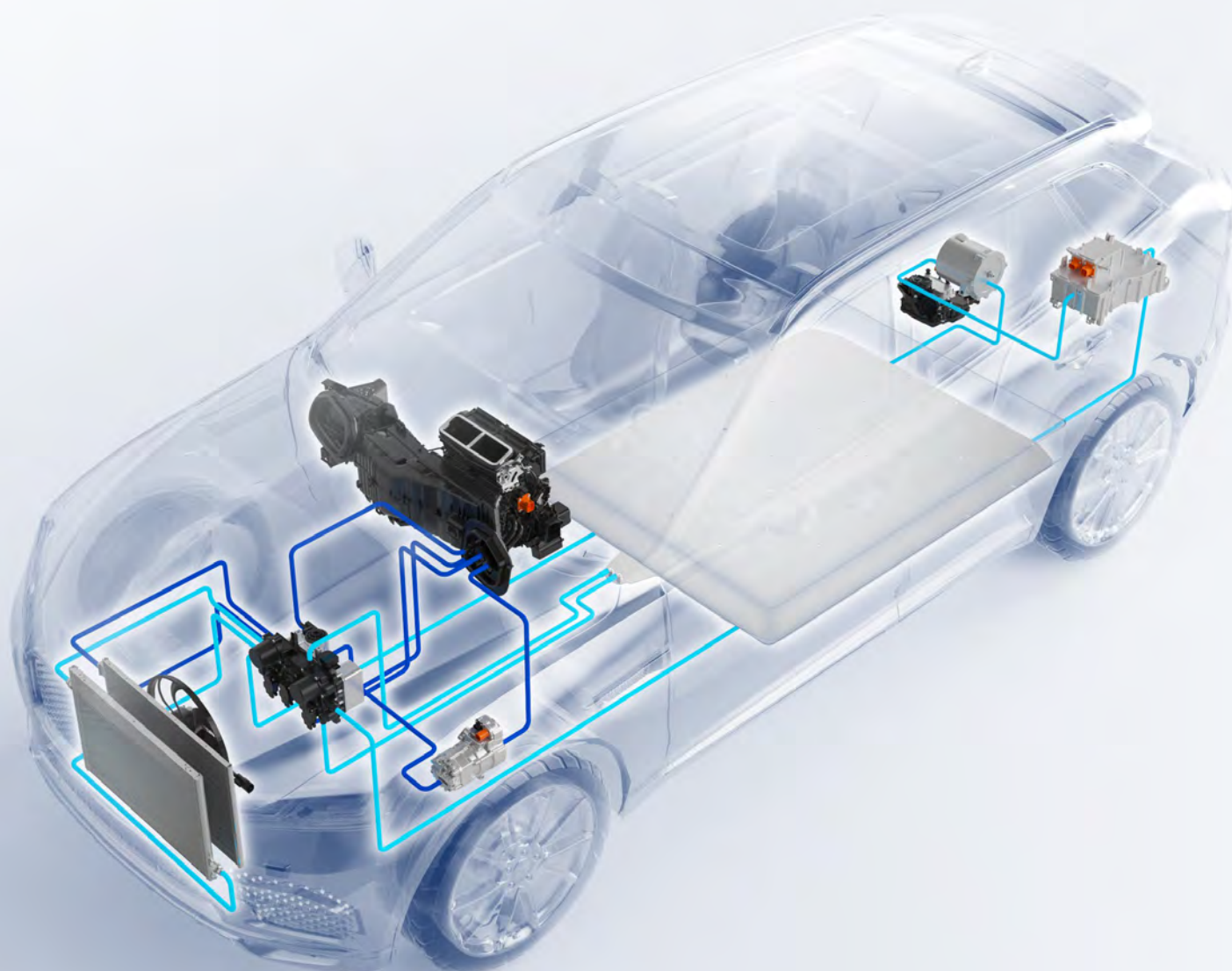


MAHLE

Thermomanagement

in elektrische en
hybridevoertuigen

BEHR®



Inhoud

Inhoud	02	Warmtepomp	26
Inleiding	05	Modus: interieur koelen	28
Nieuwe uitdagingen betekenen nieuwe mogelijkheden – ook voor meer omzet!	05	Modus: interieur en accu koelen	29
Overzicht van de hybridetechnologieën	07	Modus: interieur verwarmen	30
Vergelijking	07	Modus: accu voorverwarmen	31
Hoogvoltagesystemen in elektrische voertuigen	10	Modus: accu koelen	32
Werking	10	Brandstofcel en waterstof	34
Beschrijving van de componenten	12	Oliën voor e-airconditioningcompressoren	36
Praktijktips	16	PAO-olie 68	36
Basisregels voor het werken aan elektrische en hybridevoertuigen	16	Voordelen en werking	36
Klimaatregeling van het interieur	17	Tips voor werkplaatsen	38
Basisprincipes	17	Onderhoud van elektrische en hybridevoertuigen	38
Hoogvoltage-airconditioningcompressor	18	Pechhulp, wegslepen en bergen van elektrische en hybridevoertuigen	38
Werking	18	Bijscholing voor de reparatie van elektrische en hybridevoertuigen	41
Temperatuurmanagement van de accu	19	Wetenswaardigheden	41
Vergelijking	19	Opleidingsaanbod	41
Mogelijkheid 1	20	Werkplaatsuitrusting van MAHLE Service Solutions	42
Mogelijkheid 2	21	ArcticPRO® airco-servicetoestellen	43
Mogelijkheid 3	22	Accessoires voor het spoelen met ArcticPRO® airco-servicetoestellen	44
Indirecte airconditioningcondensor	23	Diagnose en onderhoud van de aandrijfaccu	46
Thermomanagementmodule	24	E-SCAN	47
Bionische koelplaat	25	E-CHARGE 20	47
		E-HEALTH Charge	47
		E-CARE Fluid	47



Belangrijke opmerking voor uw veiligheid

De volgende technische informatie en praktijktips zijn opgesteld om autowerkplaatsen professioneel te ondersteunen bij hun werk. De hier verstrekte informatie mag alleen worden gebruikt door speciaal opgeleid vakpersoneel.





Inleiding

Nieuwe uitdagingen betekenen nieuwe mogelijkheden – ook voor meer omzet!

De triomftocht van de elektrische auto's is niet te stoppen. Het aantal geregistreerde elektrische auto's blijft fors stijgen. En de plug-inhybrides zijn niet eens meegeteld! Zo bent u er vrijwel zeker van dat een van deze exemplaren of zijn eigenaren vroeg of laat ook in uw werkplaats zal verschijnen!

Dat betekent dus voor exploitanten van werkplaatsen: steek uw kop niet in het zand, maar bereid u optimaal voor op de nieuwe uitdagingen. Want ook al worden klassieke onderhoudswerkzaamheden zoals het ververset van motorolie of het vervangen van einddempers minder frequent, op andere gebieden ontstaan nieuwe mogelijkheden!

Regelmatig onderhoud van de airco is bij elektrische voertuigen nog belangrijker, omdat die ook een belangrijke rol speelt voor de aandrijving. De airco-installatie zorgt er mee voor dat de aandrijfaccu binnen een optimaal temperatuurbereik blijft, wat een positief effect heeft op de actieradius en de levensduur van de aandrijfaccu. Als de airco-installatie niet optimaal werkt of

zelfs helemaal uitvalt, heeft dat dus niet alleen gevolgen voor het comfortabele en veilige rijden – zoals tot nu toe het geval was bij verbrandingsmotoren.

Maar ook de diagnose van de aandrijfaccu wordt steeds belangrijker – vooral bij tweedehandswagens of ex-leaseauto's. Ook hier hebben we ons aanbod overeenkomstig uitgebreid. Vergeet ook niet de componenten aan de voorkant van het voertuig, bijvoorbeeld lagetemperatuurradiatoren en airconditioningcondensoren, die bij ongevallen nog steeds moeten worden vervangen.

Ook in de toekomst kunt u rekenen op MAHLE! Want door onze uitgebreide OE-expertise als een van de toonaangevende leveranciers wereldwijd, ons brede en innovatieve productassortiment en onze uitgebreide dienstverlening en aanvullende oplossingen voor de uitrusting van uw werkplaats, zijn wij uw betrouwbare partner voor thermomanagement. Wij bezorgen u een soepele en succesvolle werkdag – vandaag en morgen.



Elektrische auto's doen tegenwoordig steeds vaker een beroep op onafhankelijke werkplaatsen. Onze klanten in staat stellen een accudiagnose uit te voeren, is een eerste belangrijke stap in hun overgang naar e-mobiliteit. Wij werken dagelijks aan het ontsluiten van nieuwe commerciële activiteiten voor werkplaatsen op het gebied van diagnose, kalibratie, thermomanagement en vloeistofmanagement.



Overzicht van de hybridetechnologieën

Vergelijking

De term “hybride” op zich betekent zoveel als “mengsel” of “combinatie”. In de voertuigtechniek wordt ermee bedoeld dat in een voertuig een verbrandingsmotor met conventionele aandrijftechniek is gecombineerd met de elementen van een elektrisch voertuig.

De hybridetechnologie wordt technisch steeds geavanceerder in drie stappen: van micro-hybride- over mild-hybride- tot full-hybridetechnologie. Ondanks technische verschillen hebben alle technologieën gemeen dat de gebruikte accu wordt opgeladen door terugwinning van remenergie.

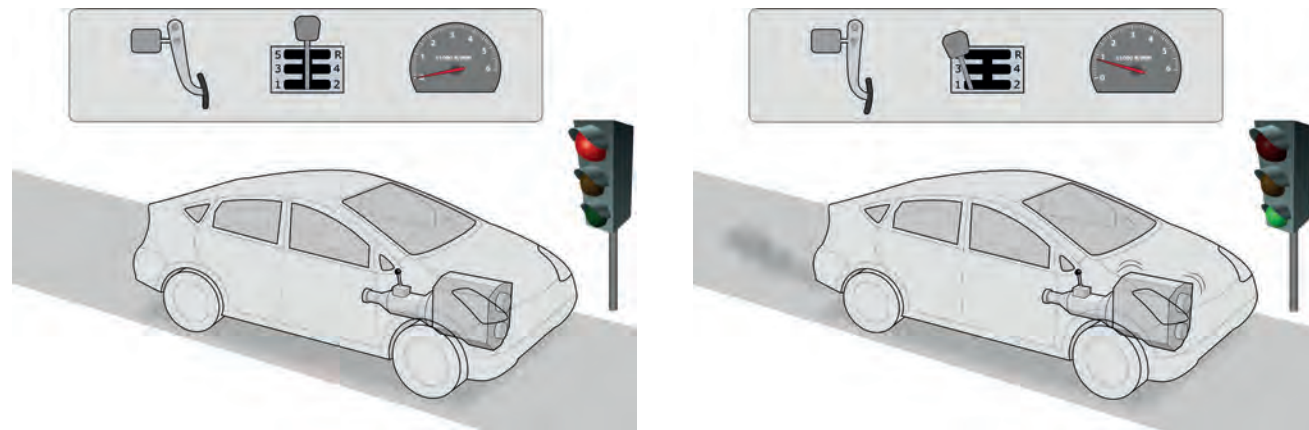
- **Micro-hybrides** zijn doorgaans uitgerust met een conventionele verbrandingsmotor met start-stopsysteem en remenergieterugwinning (ook wel recuperatie genoemd).
 - **Mild-hybrides** daarentegen beschikken daarnaast over een kleine elektromotor en een krachtigere accu. De elektrische hulpaandrijving helpt uitsluitend bij het wegrijden en levert extra vermogen bij inhaalmanoeuvres, ook wel “boosten” genoemd.
- **Full-hybrides** kunnen niet alleen “boosten”, maar ook puur elektrisch rijden. Hiervoor zijn ze uitgerust met een complete elektrische aandrijflijn. Deze heeft echter een veel sterkere accu nodig dan een mild-hybride.
 - **Plug-inhybrides** bieden de mogelijkheid om de accu bijvoorbeeld ‘s nachts op te laden. Het positieve neveneffect bij dit voertuigtype is dat de passagiersruimte al voor aanvang van de rit op de gewenste temperatuur kan worden gebracht. Zo is het voertuig de volgende ochtend meteen gebruiksklaar. De plug-inhybride is een vorm van full-hybride.

Werking	Micro-hybride	Mild-hybride	Full-hybride
Vermogen van de elektromotor/dynamo	2 – 3 kW (Terugwinning van rem-vermogen door dynamo)	10 – 15 kW	> 15 kW
Spanningsbereik	12 V	42 – 150 V	> 100 V
Realiseerbare brandstofbesparing in vergelijking met een conventioneel aangedreven voertuig	< 10 %	< 20 %	> 20 %
Functionies die bijdragen aan brandstofbesparing	▪ Start-stopfunctie ▪ Recuperatie	▪ Start-stopfunctie ▪ Boostfunctie ▪ Recuperatie	▪ Start-stopfunctie ▪ Boostfunctie ▪ Recuperatie ▪ Elektrisch rijden

Zoals uit het bovenstaande overzicht blijkt, beschikt elke technologie over verschillende functies die bijdragen aan brandstofbesparing. Deze vier functies worden hierna beknopt beschreven.

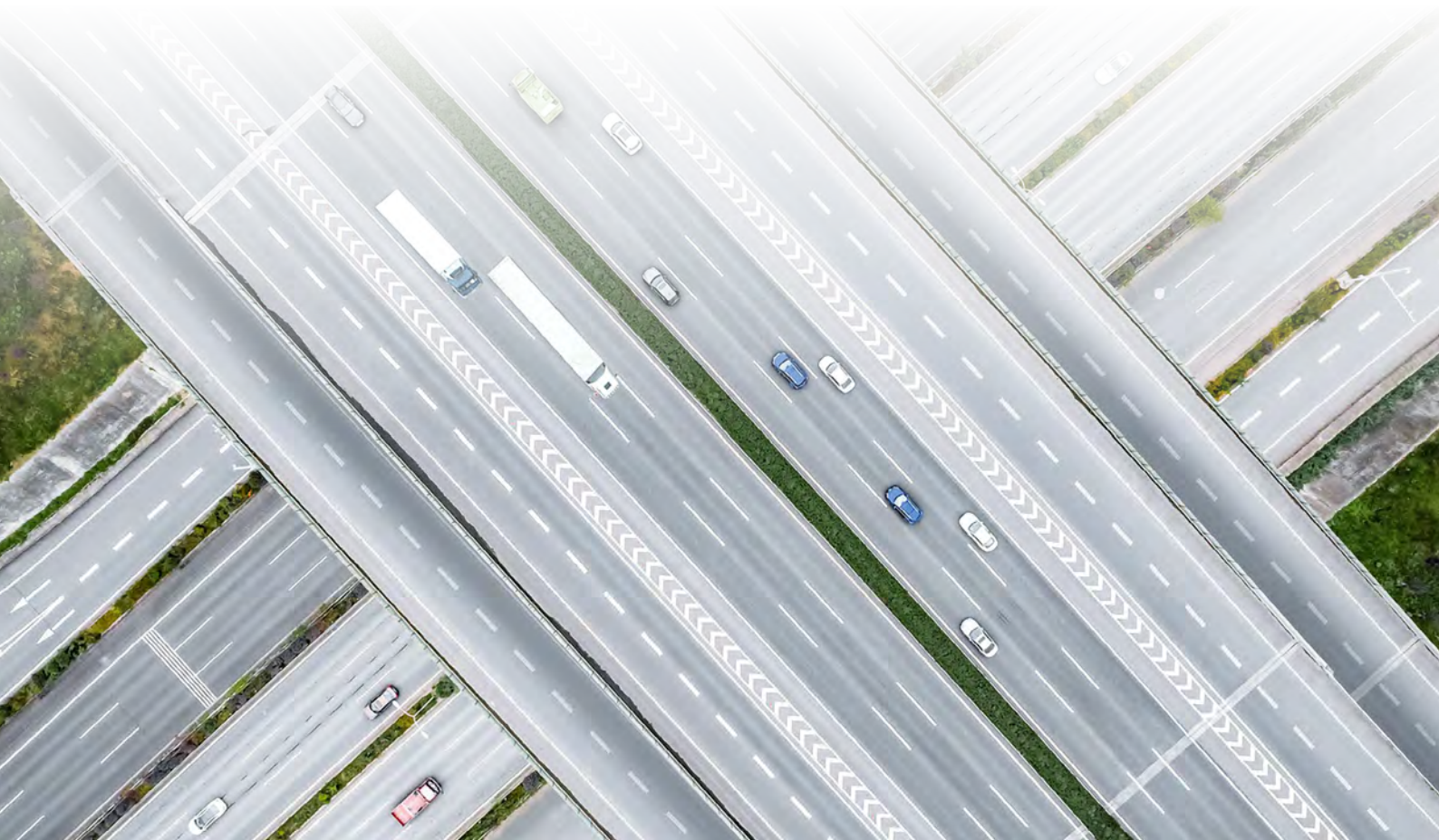
Start-stopfunctie

Als het voertuig tot stilstand komt, bijvoorbeeld bij een stoplicht of in een file, wordt de verbrandingsmotor uitgeschakeld. Als de koppeling wordt ingetrapt om weg te rijden en de eerste versnelling wordt ingeschakeld, start de verbrandingsmotor automatisch. Hij is dus onmiddellijk beschikbaar om verder te rijden.



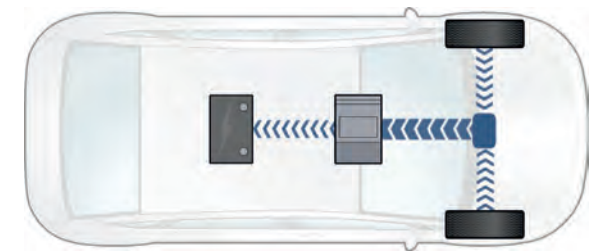
Voertuig stopt – motor wordt automatisch uitgeschakeld

Koppeling intrappen, versnelling inschakelen – motor start automatisch



Recuperatie

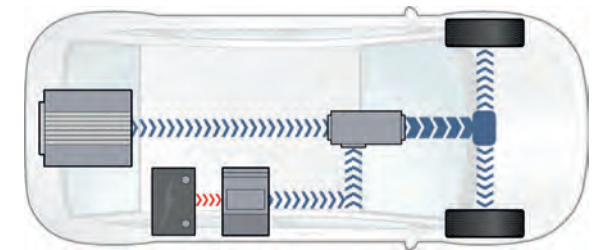
Recuperatie is de techniek waarmee een deel van de remenergie wordt teruggewonnen. Normaal gesproken zou deze energie bij het afremmen als warmte-energie verloren gaan. Bij recuperatie daarentegen wordt de dynamo van het voertuig gebruikt als motorrem – naast de normale wielremmen. De energie die de dynamo bij het vertragen opwekt, wordt aan de energieopslag (accu) toegevoegd. Dit proces verhoogt doelgericht het sleepmoment van de motor, waardoor de voertuigsnelheid afneemt.



Afremmend voertuig – opladen van de accu met verhoogd vermogen

Boostfunctie

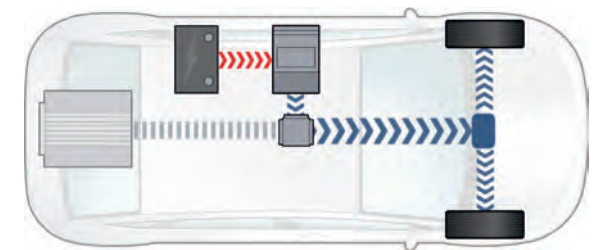
Tijdens de acceleratiefase worden de beschikbare draaimomenten van de verbrandingsmotor en de elektromotor bij elkaar opgeteld. Een hybridevoertuig kan dus sneller accelereren dan een vergelijkbaar, traditioneel aangedreven voertuig. De boostfunctie wordt gebruikt als hulp bij het wegrijden en om meer vermogen te ontwikkelen bij het inhalen. Dit vermogen wordt opgewekt door een elektrische hulpaandrijving, die dat vermogen uitsluitend levert voor deze twee doeleinden.



Boostfunctie – verbrandingsmotor en elektromotor drijven het voertuig aan

Elektrisch rijden

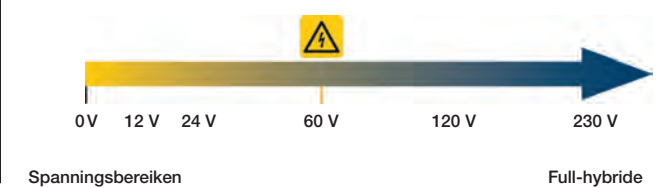
Als een gering aandrijfvermogen nodig is, bijvoorbeeld in het stadsverkeer, wordt alleen de elektromotor als aandrijfunit gebruikt. De verbrandingsmotor is uitgeschakeld. De voordelen van dit type aandrijving zijn hierbij: geen benzineverbruik en geen uitstoot. Deze technologieën in het voertuig zorgen er ook voor dat u in uw dagelijkse werk met andere omstandigheden te maken krijgt.

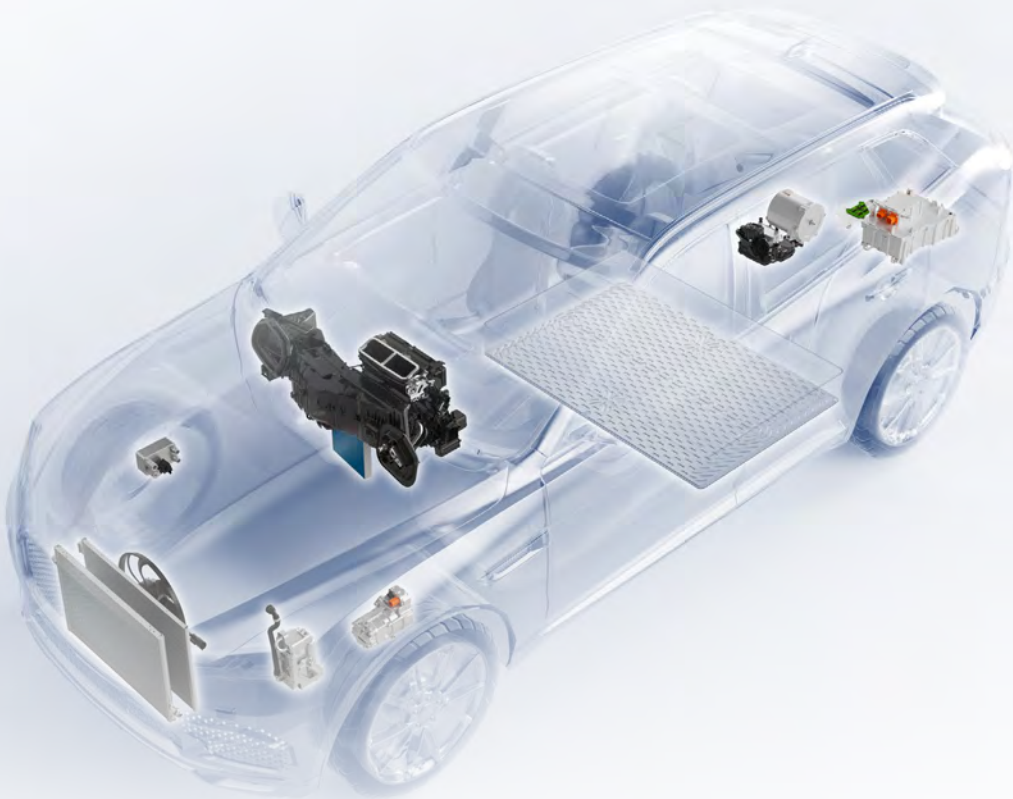


Elektrisch rijden – uitsluitend aandrijving door de elektromotor

Elektrische spanning in het boordnet

De eisen waaraan de elektrische aandrijving van een elektrisch of hybridevoertuig moet voldoen en de benodigde prestaties kunnen niet worden gerealiseerd met spanningswaarden van 12 of 24 volt. Hiervoor zijn aanzienlijk hogere spanningsniveaus nodig. In voertuigen met hoogvoltagesystemen werken de aandrijving en de hulpaggregaten met spanningen van 30 volt tot 1.000 volt AC (wisselspanning) of 60 V tot 1.500 V DC (gelijkspanning). Dit geldt voor de meeste elektrische en hybridevoertuigen.





Hoogvoltagesystemen in elektrische voertuigen

Werking

Volgens de definitie is een elektrisch voertuig een motorvoertuig dat wordt aangedreven door een elektromotor. De elektrische energie die nodig is om het voertuig voort te bewegen, wordt verkregen uit een aandrijfacu (accumulator), d.w.z. niet uit een brandstofcel of een actieradiusverlenger (range extender). Aangezien een elektrische auto tijdens het gebruik zelf geen relevante schadelijke stoffen uitstoot, wordt hij geclassificeerd als emissievrij voertuig.

Bij een elektrische auto worden de wielen aangedreven door elektromotoren. De elektrische energie wordt opgeslagen in accumulatoren, in de vorm van een of meer aandrijf- of voedingsaccu's. De elektronisch gestuurde elektromotoren kunnen hun maximale koppel reeds vanuit stilstand afgeven. In tegenstelling tot verbrandingsmotoren hebben ze meestal geen versnellingsbak nodig en kunnen ze al bij lage snelheden sterk accelereren. Elektromotoren zijn stiller dan benzine- of dieselmotoren, bijna trillingsvrij en stoten geen schadelijke uitlaatgassen uit. Met meer dan 90 % is hun rendement zeer hoog.

Tegenover de gewichtsbesparing door het wegvallen van de verschillende componenten (motor, versnellingsbak, tank) van de verbrandingsmotor staat het relatief hoge gewicht van de accumulatoren. Elektrische voertuigen zijn daarom meestal zwaarder dan overeenkomstige voertuigen met verbrandingsmotor. De capaciteit van de accu('s) heeft een grote invloed op het gewicht en de prijs van het voertuig.

Airconditioning en koeling in elektrische voertuigen

Om een elektrisch voertuig met een bijzonder hoog rendement te kunnen aandrijven, moet de temperatuur van de elektromotor, de vermogenselektronica en de accu in een voor het rendement optimaal bereik worden gehouden. Daartoe is een geavanceerd systeem voor thermomanagement nodig.

Koudemiddelgebaseerd systeem (of directe koeling van de accu)

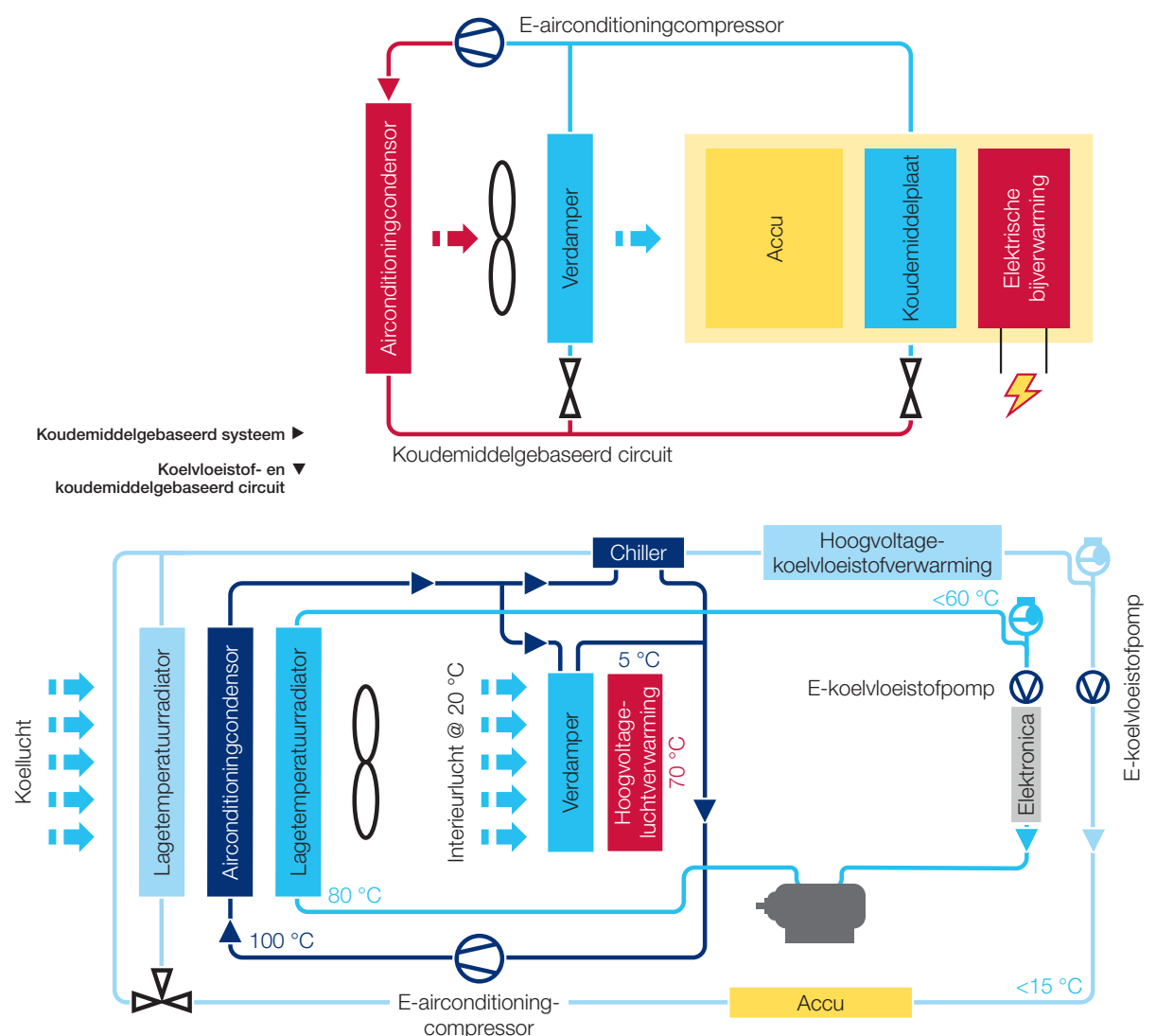
Het circuit van het koudemiddelgebaseerde systeem bestaat uit de volgende hoofdcomponenten: airconditioningcondensor, verdampers en accu-eenheid (accu-cellen, koelplaat en elektrische bijverwarming). Het systeem wordt gevoed door het koudemiddelcircuit van de airco-installatie en apart geregeld via kleppen en temperatuursensoren. De werking van de afzonderlijke componenten wordt beschreven in de toelichting bij de presentatie van het koelvloeistof- en koudemiddelgebaseerde systeem.

Koelvloeistof- en koudemiddelgebaseerd circuit (of indirecte accukoeling)

Hoe krachtiger de accu's zijn, hoe zinvoller het wordt om het relatief complexe koelvloeistof- en koudemiddelgebaseerde circuit te gebruiken. Het gehele koelsysteem is onderverdeeld in meerdere circuits, die allemaal over een eigen koeler (lagetemperatuurradiator), een koelvloeistofpomp, een thermostaat en een koelvloeistofafsluitklep beschikken. Via een speciale warmtewisselaar (chiller)

wordt hier ook nog het koudemiddelcircuit van de airco-installatie op aangesloten. Een hoogvoltage-koelvloeistofverwarming zorgt er ook bij lage buitentemperaturen voor dat de temperatuur van de accu hoog genoeg blijft.

De temperatuur van de koelvloeistof voor de elektromotor en de vermogenselektronica wordt in een apart circuit (het interne circuit in de onderstaande grafiek) met behulp van een lagetemperatuurkoeler onder 60 °C gehouden. Om het volledige vermogen te bereiken en een zo lang mogelijke levensduur te garanderen, moet de koelvloeistoftemperatuur van de accu altijd tussen ca. 15 °C en 30 °C blijven. Bij te lage temperaturen wordt de koelvloeistof via een hoogvoltage-bijverwarming verwarmd. Bij te hoge temperaturen wordt de vloeistof via een lagetemperatuurradiator afgekoeld. Als dat niet voldoende is, wordt de koelvloeistof verder gekoeld met een chiller, die zowel op het koelvloeistofcircuit als het koudemiddelcircuit is aangesloten. Daarbij stroomt het koudemiddel van de airco-installatie door de chiller en koelt de eveneens door de chiller stromende koelvloeistof verder af. De hele regeling vindt plaats met behulp van afzonderlijke thermostaten, sensoren, pompen en kleppen.



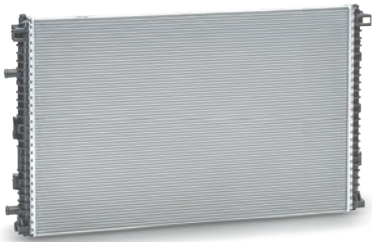
Beschrijving van de componenten



Chiller



Elektrische airconditioningcompressor



Lagetemperatuurradiator



Vermogenselektronica



Hoogvoltage-koelvloeistofbijverwarming

Chiller

De chiller is een speciale warmtewisselaar die zowel op het koelvloeistof- als het koudemiddelcircuit is aangesloten. Hierdoor kan de koelvloeistof extra worden gekoeld met het koudemiddel van de airco-installatie. Indien nodig kan hierdoor de accu extra indirect worden gekoeld door de airco-installatie. Hiervoor stroomt de koelvloeistof van een secundair circuit door de koelplaten van de accu. Na warmte-absorptie wordt het koelmedium in een chiller tot de uitgangstemperatuur afgekoeld. De temperatuurdaling in de chiller vindt plaats door verdamping van een ander koudemiddel, dat in een primair circuit circuleert.

Elektrische airconditioningcompressor

De compressor wordt elektrisch aangedreven met een hoge spanning. Hierdoor kan de airconditioning van het voertuig ook werken als de motor uitgeschakeld is. Bovendien kan met behulp van de airco-installatie de koelvloeistof extra worden gekoeld.

Lagetemperatuurradiator

De temperatuur van de koelvloeistof voor de elektromotor en de vermogenselektronica wordt in een apart koelcircuit met een lagetemperatuurradiator onder de 60 °C gehouden.

Thermostaat

Thermostaten, ongeacht of ze elektrisch of mechanisch zijn, houden de temperatuur van de koelvloeistof op een constant niveau.

Koelvloeistof-/koudemiddelafsluitklep

Koelvloeistof-/koudemiddelafsluitkleppen worden elektrisch aangestuurd en dienen om naar behoefte delen van het koelvloeistof-/koudemiddelcircuit te openen/sluiten of meerdere circuits met elkaar te verbinden.

Vermogenselektronica

De vermogenselektronica zorgt in het voertuig voor de aansturing van de elektromotoren, de communicatie met de voertuigbesturing en de diagnose van de aandrijving. Ze bestaat doorgaans uit een elektronische regeleenheid, een inverter en een DC/DC-omvormer. Om de vermogenselektronica binnen een bepaald temperatuurbereik te houden, wordt deze op het koel-/verwarmingssysteem van het voertuig aangesloten.

Hoogvoltage-koelvloeistofbijverwarming

Bij te lage temperaturen wordt de koelvloeistof verwarmd door een elektrische hoogvoltage-bijverwarming. Deze is in het koelcircuit geïntegreerd.

Accukoelplaat

Aan elke zijde van de koelplaten bevindt zich een accusegment. De accusegmenten en koelplaten vormen samen een vast verbonden accumodule. Bij de directe accukoeling stroomt het koudemiddel van de airco-installatie door de koelplaten. Bij indirecte accukoeling stroomt koelvloeistof door de koelplaten. Als bij de indirecte koeling van de accu de koelcapaciteit niet voldoende is, kan de koelvloeistof via een chiller extra worden afgekoeld. De chiller is een speciale warmtewisselaar die wordt gebruikt bij indirecte accukoeling en zowel op het koudemiddel- als het koelvloeistofcircuit is aangesloten.

Hoogvoltage-accumodule

De hoogvoltage-accu (HV-accu) is, naast de elektromotor, een van de belangrijkste componenten van een elektrisch voertuig. De accu bestaat uit onderling verbonden accumodules, die op hun beurt uit cellen bestaan. Accu's zijn meestal gebaseerd op de lithium-ion-technologie. Ze hebben een hoge energiedichtheid. Wanneer de temperatuur onder 0 °C daalt, neemt de accuprestatie sterk af door de tragere chemische reactie. Boven 30 °C neemt de veroudering sterk toe en bij temperaturen boven 40 °C kan de accu beschadigd raken. Voor een zo lang mogelijke levensduur en effectiviteit moet de accu binnen een bepaald temperatuurbereik worden gebruikt.

Elektrische/hoogvoltage-bijverwarming

Bij elektrische voertuigen ontbreekt de restwarmte van de motor, die aan de koelvloeistof wordt overgedragen. Daarom moet het interieur worden opgewarmd met behulp van een elektrische bijverwarming die in het ventilatiesysteem is ondergebracht.

Airconditioningcondensor

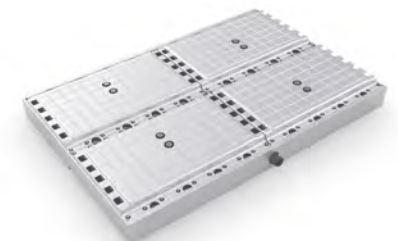
De airconditioningcondensor is vereist om het door de compressie in de airconditioning-compressor verwarmde koudemiddel af te koelen. Het warme gasvormige koudemiddel stroomt in de airconditioningcondensor en geeft daarbij via de leiding en de lamellen warmte af aan de omgeving. Door de afkoeling verandert de aggregatietoestand van het koudemiddel van gasvormig in vloeibaar.

E-koelvloeistofpomp

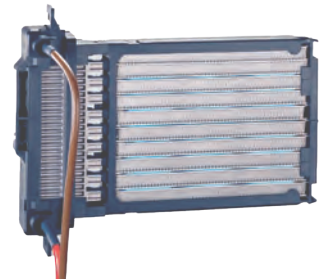
Elektrische water- of koelvloeistofpompen met geïntegreerde elektronische regeling worden traploos ingeschakeld op basis van het benodigde koelingsvermogen. Ze kunnen worden gebruikt als hoofd-, nevenstroom- en circulatiepompen en werken onafhankelijk van de motor op basis van de behoefte.



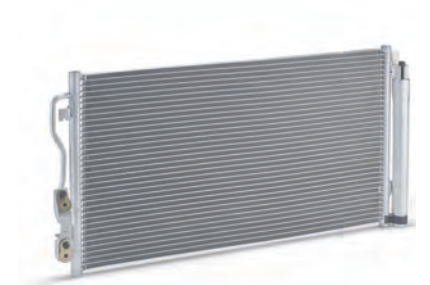
Accukoelplaat



Hoogvoltage-accu



Elektrische/hoogvoltage-bijverwarming



Airconditioningcondensor



E-koelvloeistofpomp



Airconditioning

Door hun hoge rendement geven elektrische aandrijvingen tijdens de werking weinig en bij stilstand helemaal geen warmte af aan de omgeving. Om de auto bij lage buitentemperaturen te kunnen verwarmen of de ruiten te kunnen ontdooien, zijn daarom extra verwarmingen nodig. Dat zijn extra energieverbruikers die door hun hoge verbruik sterk meewegen. Ze verbruiken een deel van de energie die in de accu is opgeslagen, wat vooral in de winter een aanzienlijk effect heeft op de actieradius. Elektrische bijverwarmingen die in het ventilatiesysteem zijn geïntegreerd, zijn weliswaar eenvoudig en effectief, maar ook zeer energie-intensief.

Daarom worden inmiddels ook energie-efficiënte warmtepompen gebruikt. Deze kunnen in de zomer ook dienen als airco-installatie voor de koeling. Stoelverwarmingen en verwarmde ruiten brengen de warmte rechtstreeks naar de te verwarmen plaatsen en verminderen zo ook de warmtebehoefte voor het interieur. Elektrische auto's brengen hun stilstandtijden vaak door bij oplaadpunten. Daar kan het voertuig voor aanvang van de rit worden voorverwarmd zonder de accu te belasten. Onderweg is dan aanzienlijk minder energie nodig voor de verwarming of koeling. Inmiddels worden er ook smartphoneapps aangeboden waarmee de verwarming op afstand kan worden bediend.

Management van laden en ontladen

Voor de accu's worden verschillende managementsystemen gebruikt die de laad- en ontladeregeling, temperatuurbewaking, actieradiusberekening en diagnose verzorgen. De duurzaamheid hangt in belangrijke mate af van de gebruiksomstandigheden en de inachtneming van de bedrijfsgrenzen. Accumanagementsystemen inclusief temperatuurmanagement voorkomen schadelijke en mogelijk veiligheidskritische overbelading of diepe ontlading van de accu's, evenals kritieke temperaturomstandigheden. De bewaking van elke afzonderlijke accu-cel maakt het mogelijk om te reageren voordat er een storing of beschadiging van andere cellen optreedt. Statusinformatie kan voor onderhoudsdoeleinden ook worden opgeslagen en in geval van een storing als meldingen aan de bestuurder worden doorgegeven.

In principe is de accucapaciteit van de meeste elektrische auto's tegenwoordig toereikend voor het merendeel van alle korte en middellange afstanden. Zo concludeerde een studie uit 2016 van het Massachusetts Institute of Technology dat de actieradius van de huidige elektrische auto's voldoende is voor 87 % van alle ritten. De actieradius varieert echter sterk. De snelheid van het e-voertuig, de buitentemperatuur en vooral het gebruik van de verwarming en de airco-installatie leiden tot een aanzienlijke vermindering van de actieradius. De steeds kortere laadtijden en de constante uitbreiding van de laadinfrastructuur maken het echter mogelijk om de actieradius van de elektrische auto's verder te vergroten.

Praktijktips

Basisregels voor het werken aan elektrische en hybridevoertuigen

*In elektrische en hybridevoertuigen is het noodzakelijk dat hoogvoltagecomponenten worden ingebouwd. Deze zijn gemarkeerd met uniforme waarschuwingssymbolen. Bovendien zijn alle hoogvoltageleidingen bij alle fabrikanten uitgevoerd in feloranje. **Houd rekening met de richtlijnen van de voertuigfabrikanten en onze tips voor werkplaatsen!***

- Bij werkzaamheden aan voertuigen met hoogvoltage systemen geldt de volgende procedure:
1. Spanning uitschakelen
 2. Tegen opnieuw inschakelen beveiligen
 3. Spanningsloosheid vaststellen

Waarop moet ik als (medewerker van een) werkplaats letten?

Voertuig starten en voortbewegen:

Om een voertuig met hoogvoltage systeem te mogen besturen – ook al is het alleen om in of uit de werkplaats te rijden – moet de betreffende persoon geïnstrueerd zijn.

Service en onderhoud:

Service- en onderhoudswerkzaamheden (wielen vervangen en inspecties) aan hoogvoltagevoertuigen mogen alleen worden uitgevoerd door personen die vooraf door een “vakbekwaam persoon voor werkzaamheden aan hybride en elektrische voertuigen” zijn geïnformeerd over de gevaren van deze hoogvoltage systemen en de juiste instructies hebben gekregen.

Vervangen van hoogvoltagecomponenten:

Personen die hoogvoltagecomponenten zoals bijv. een airconditioningcompressor vervangen, moeten over de juiste kwalificaties beschikken (vakbekwaam persoon voor werkzaamheden aan hybride en elektrische voertuigen).

Vervangen van de accu:

De reparatie of vervanging van onder spanning staande hoogvoltagecomponenten (accu) vereist een speciale kwalificatie.

Pechhulp/wegslepen/bergen:

Iedereen die pechhulp aan voertuigen met hoogvoltage systemen verleent of deze voertuigen wegsleept of bergt, moet over het ontwerp en de werking van deze voertuigen en hun hoogvoltage systemen zijn geïnstrueerd. Bovendien moeten vooraf de desbetreffende instructies van de voertuigfabrikant in acht worden genomen. Als hoogvoltagecomponenten (de accu) beschadigd zijn, moet de brandweer worden ingeschakeld.

Klimaatregeling van het interieur

Basisprincipes

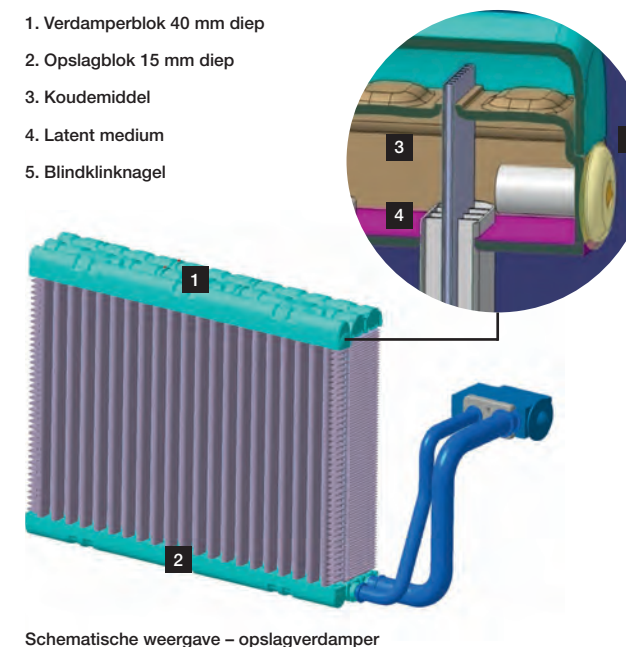
Bij conventionele aandrijfconcepten met verbrandingsmotor is de klimaatregeling van het interieur vanwege de mechanisch aangedreven compressor rechtstreeks afhankelijk van de werking van de motor. Ook in voertuigen die in vakkringen micro-hybride worden genoemd en die alleen een start-stopfunctie hebben, worden compressoren met riemaandrijving gebruikt. Het probleem daarbij is dat bij stilstand van het voertuig en uitgeschakelde motor de temperatuur bij de verdampersuitgang van de airco-installatie al na twee seconden oploopt. De daarmee gepaard gaande langzame verhoging van de uitblaastemperatuur van de ventilatie, evenals de toename van de luchtvochtigheid, kunnen door de inzittenden als storend worden ervaren.

Om dit probleem tegen te gaan, kan een nieuw ontwikkeld systeem voor koudeopslag worden gebruikt, de zogenaamde opslagverdampers. De opslagverdampers bestaan uit twee blokken: een verdampers- en een opslagblok. Tijdens de startfase resp. bij draaiende motor, stroomt koudemiddel door beide blokken. Een latent medium dat zich in de verdampers bevindt, wordt ondertussen zover afgekoeld dat het bevroert. Hierdoor ontstaat een koudeopslag.

In de stopfase is de motor uitgeschakeld en wordt de airconditioningcompressor dus niet aangedreven. De warme lucht die langs de verdampers stroomt, koelt af en er vindt een warmte-uitwisseling plaats. Deze uitwisseling gaat door totdat het latente medium volledig is gesmolten. Na het hervatten van de rit begint het proces opnieuw, zodat de opslagverdampers al na een minuut weer lucht kan koelen.

Bij voertuigen zonder opslagverdampers is het bij zeer warm weer al na een korte stilstand noodzakelijk de motor weer te starten. Alleen op deze manier kan de interieurkoeling in stand worden gehouden. Bij de interieurairco van het voertuig behoort ook het verwarmen van de passagiersruimte indien dit gewenst is.

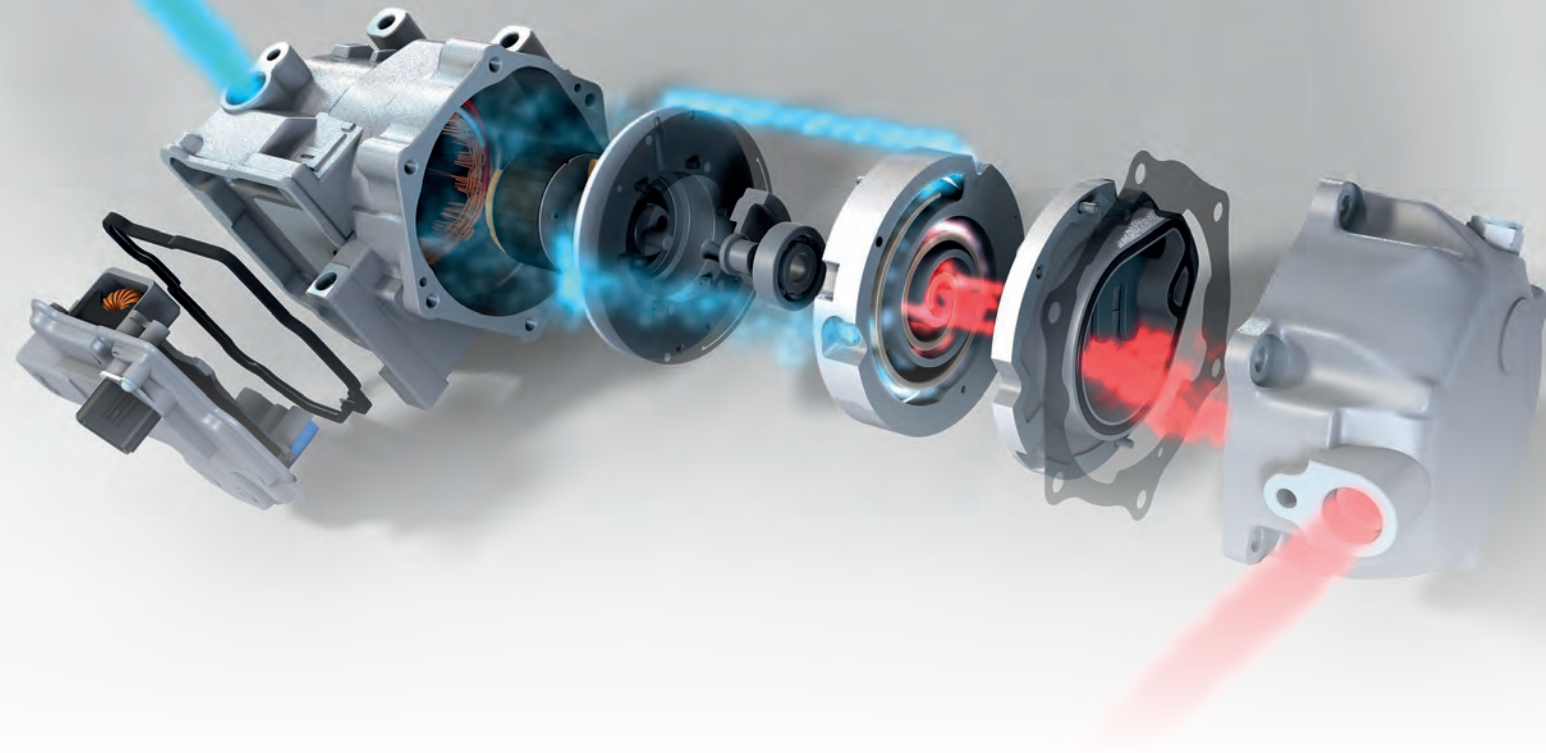
Bij full-hybridevoertuigen wordt de verbrandingsmotor tijdens de elektrische rij-fase uitgeschakeld. De aanwezige restwarmte in het watercircuit is slechts voor korte tijd toereikend voor de verwarming van het interieur. Ter ondersteuning worden in dat geval hoogvoltage-luchtbijverwarmingen ingeschakeld, die de verwarmingsfunctie overnemen. De werkwijze is vergelijkbaar met die van een haarföhn: de door de interieurventilator aangezogen lucht wordt bij het passeren van de verwarmingselementen verwarmd en stroomt daarna het interieur binnen.



Schematische weergave – opslagverdampers



Opslagverdampers



Hoogvoltage-airconditioningcompressor

Werking

In elektrische voertuigen en voertuigen met full-hybridtechnologie worden elektrische hoogvoltage-compressoren gebruikt, die niet afhankelijk zijn van de werking van de verbrandingsmotor. Door dit innovatieve aandrijfconcept worden functies mogelijk die voor nog meer comfort zorgen bij de klimaatregeling in het voertuig.

Het is mogelijk om het opgewarmde interieur vóór het wegrijden voor te koelen tot de gewenste temperatuur. De aansturing is mogelijk via een afstandsbediening.

Deze koeling bij stilstand kan alleen plaatsvinden afhankelijk van de beschikbare accucapaciteit. Rekening houdend met de voor de klimaatregeling noodzakelijke vereisten wordt de airconditioningcompressor daarbij aangestuurd met het kleinst mogelijke vermogen.

Bij de momenteel gebruikte hoogvoltagecompressoren wordt het vermogen geregeld door een overeenkomstige toerentalaanpassing in stappen van 50 min^{-1} . Hierdoor is geen interne vermogensregeling nodig.

Bij hoogvoltagecompressoren wordt voor het comprimeren van het koudemiddel gebruikgemaakt van het scrollprincipe, en niet van het tuimelschijfprincipe dat bij riemaangedreven compressoren bij voorkeur wordt toegepast. De voordelen zijn een gewichtsbesparing van ca. 20 % en een vermindering van de cilinderinhoud met eenzelfde waarde bij gelijkblijvend vermogen.

Om voldoende koppel te genereren voor de aandrijving van de elektrische compressor, wordt hier een gelijkspanning van meer dan 200 volt gebruikt. Dit is een zeer hoge spanning in de auto-techniek. De inverter die in de elektromotoreenheid is geïntegreerd, vormt deze gelijkspanning om naar de voor de borstelloze elektromotor vereiste driefase-wisselspanning. De noodzakelijke warmteafvoer van de inverter en van de motorwikkelingen wordt mogelijk gemaakt door de doorstroming van de koelmiddel-retourstroom naar de zuigzijde.

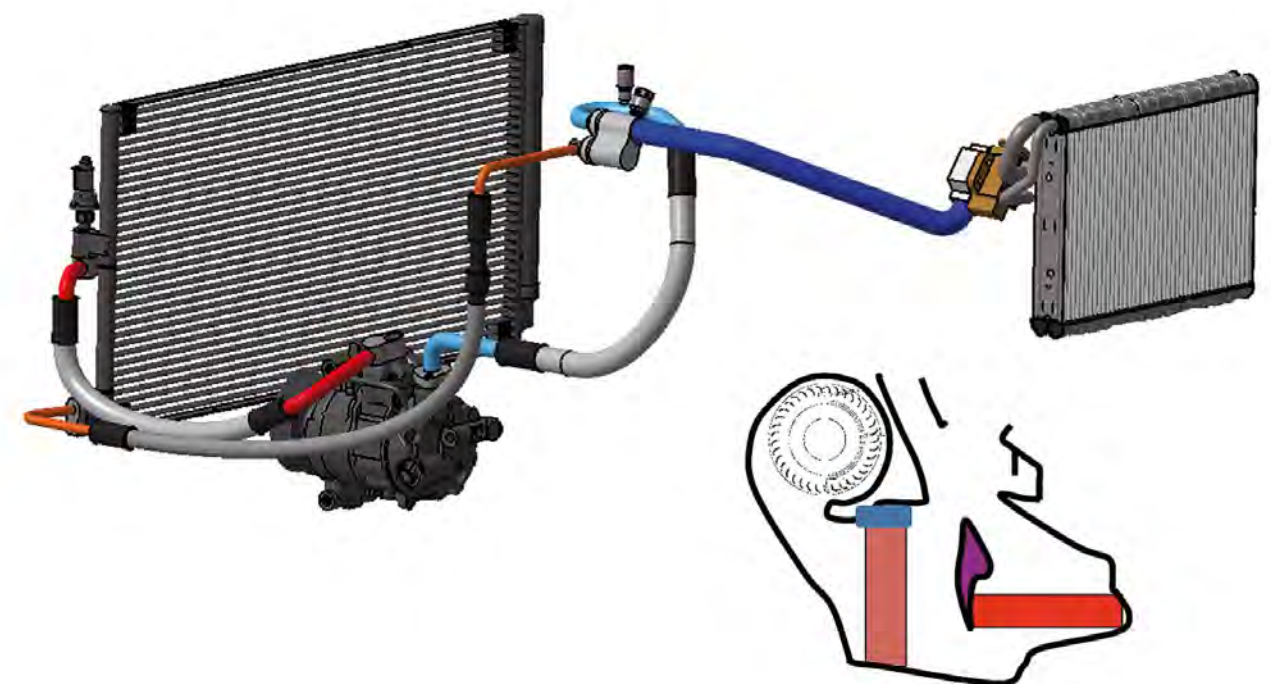
Temperatuurmanagement van de accu

Vergelijking

De accu is essentieel voor de werking van een elektrisch of hybridevoertuig. Hij moet snel en betrouwbaar de aanzienlijke hoeveelheden benodigde energie voor de aandrijving leveren. Deze accu's zijn meestal lithium-ion- en nikkel-metaalhybride hoogvoltage-accu's. Daarmee worden de grootte en het gewicht van de hybridevoertuigaccu's verder gereduceerd.

Het is absoluut noodzakelijk dat de gebruikte accu's binnen een bepaald temperatuurbereik werken. Boven een bedrijfstemperatuur van $+40 \text{ }^{\circ}\text{C}$ neemt de levensduur van de accu af, terwijl onder $0 \text{ }^{\circ}\text{C}$ het rendement daalt en het vermogen afneemt. Bovendien mag het temperatuurverschil tussen de afzonderlijke cellen een bepaalde waarde niet overschrijden.

Kortstondige piekbelastingen in combinatie met hoge stromen, zoals bij recuperatie en boosten, leiden tot een aanzienlijke verwarming van de cellen. Daarnaast dragen hoge buitentemperaturen in de zomermaanden ertoe bij dat de temperatuur snel de kritieke waarde van $40 \text{ }^{\circ}\text{C}$ bereikt. Het gevolg van een temperatuuroverschrijding is een snellere veroudering en een daarmee gepaard gaande vroegtijdige uitval van de accu. Autofabrikanten streven naar een acculevensduur die zo is berekend dat deze overeenkomt met de levensduur van een auto (ongeveer 8–10 jaar). Het verouderingsproces kan dus alleen met een correct temperatuurmanagement worden afgeremd. Tot nu toe kennen we drie verschillende methoden voor temperatuurmanagement.



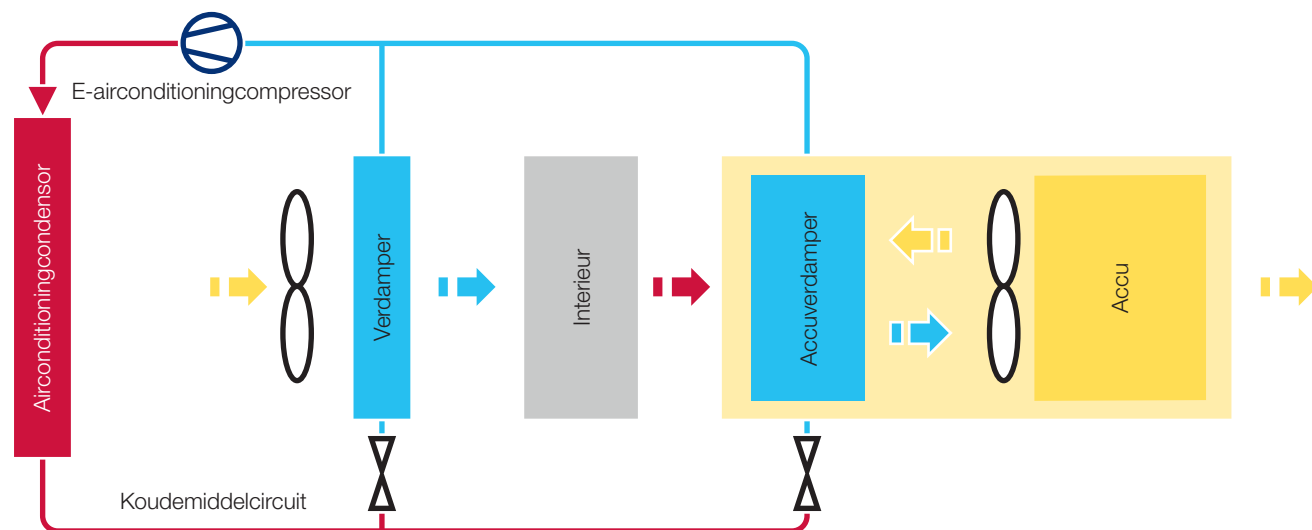
Mogelijkheid 1

Lucht wordt aangezogen uit het gekoelde voertuiginterieur en gebruikt om de accu te koelen. De aangezogen koele lucht uit het voertuiginterieur heeft een temperatuur van minder dan 40 °C. Deze lucht wordt gebruikt om langs de vrij toegankelijke oppervlakken van het accupakket te stromen.

Nadelen van deze methode zijn:

- De geringe effectiviteit van de koeling.
- De aangezogen lucht uit het interieur kan niet worden gebruikt voor een gelijkmatige temperatuurverlaging.
- De aanzienlijke inspanning die nodig is voor het geleiden van de lucht.
- Eventueel storende geluiden in het interieur door de ventilator.

- Via de luchtkanalen ontstaat een directe verbinding tussen de passagiersruimte en de accu. Dit wordt om veiligheidsredenen (bijv. ontsnappen van gassen uit de accu) als problematisch beschouwd.
- Niet te onderschatten is het gevaar voor het binnendringen van vuil in het accupakket, omdat de lucht uit het interieur ook stof bevat. Het stof zet zich af tussen de cellen en vormt in combinatie met condenserend vocht uit de lucht een geleidende laag. Deze laag bevordert het ontstaan van lekstromen in de accu. Om dit gevaar tegen te gaan wordt de aangezogen lucht gefilterd. Als alternatief kan de luchtkoeling ook plaatsvinden door middel van een apart klein aircoapparaat, vergelijkbaar met de afzonderlijke airco-installaties voor de achterbank in voertuigen van de hogere klasse.



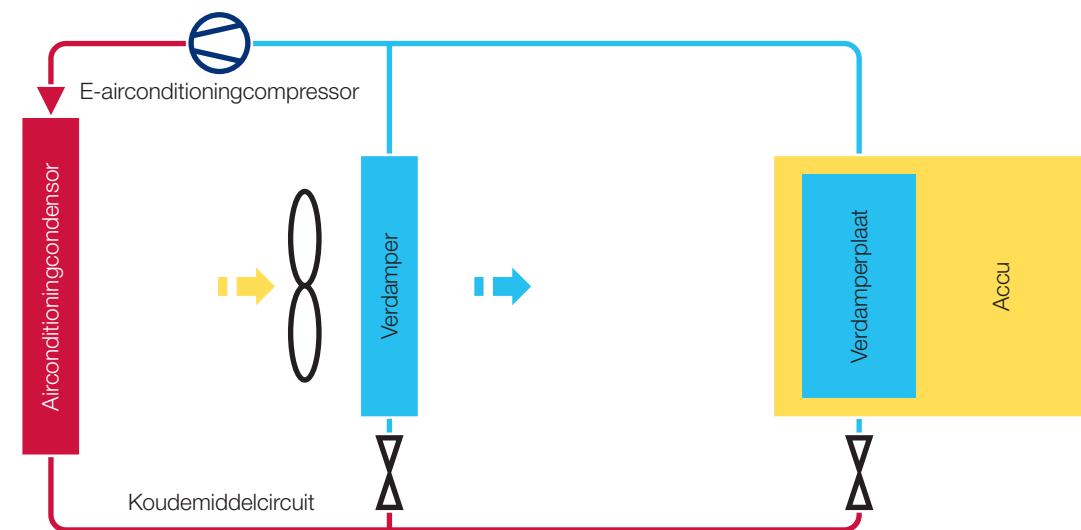
Mogelijkheid 2

Een speciale, in de accu-cel ingesloten verdamperplaat wordt aangesloten op de in het voertuig aanwezige airco-installatie. Dit gebeurt in een zogenaamd splitting-proces aan de hoge- en lagedrukzijde via pijpleidingen en een expansieventiel. Zo zijn de interieurverdampers en de verdamperplaat van de accu, die als een conventionele verdamper werkt, aangesloten op hetzelfde circuit.

De verschillende taken van de twee verdampers resulteren in dienovereenkomstig verschillende eisen aan de koudemiddelstroming. Terwijl het koelen van het interieur moet voldoen aan de eisen die de passagiers aan het comfort stellen, moet de hoogvoltage-accu meer of minder sterk worden gekoeld, afhankelijk van de rij situatie en de omgevingstemperatuur.

Deze vereisten resulteren in een complexe regeling van de hoeveelheid te verdampen koudemiddel. Door de bijzondere constructie van de verdamperplaat en de daardoor mogelijke integratie in de accu ontstaat een groot contactoppervlak voor warmte-uitwisseling. Daardoor kan worden gewaarborgd dat de kritische maximumtemperatuur van 40 °C niet wordt overschreden.

Bij zeer lage buitentemperaturen zou een verhoging naar de ideale accutemperatuur van minimaal 15 °C nodig zijn. De verdamperplaat kan in deze situatie echter geen bijdrage leveren. Een koude accu is minder krachtig dan een accu met de juiste temperatuur en kan bij temperaturen duidelijk onder het vriespunt bijna niet meer worden opgeladen. In een mild-hybride kan dit worden getolereerd: in extreme situaties is de hybridefunctie dan slechts beperkt beschikbaar. Rijden met de verbrandingsmotor is nog steeds mogelijk. Bij een zuiver elektrisch voertuig daarentegen zal een accuverwarming moeten worden aangebracht, om in de winter in elke situatie te kunnen starten en rijden.



Opmerking

Verdamperplaten die rechtstreeks in de accu zijn geïntegreerd, kunnen niet afzonderlijk worden vervangen. Daarom moet in geval van schade altijd de gehele accu worden vervangen.

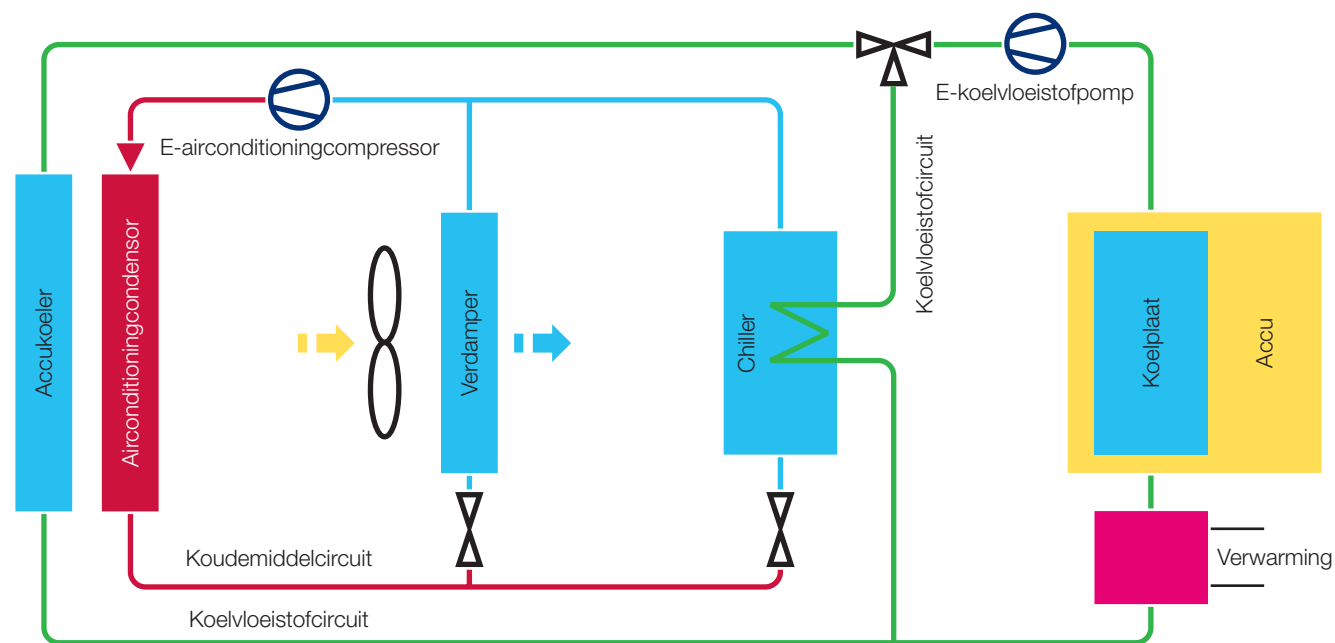
Mogelijkheid 3

Bij accu's met een grotere capaciteit speelt een correcte temperatuurregeling een centrale rol. Daarom is bij zeer lage temperaturen een extra verwarming van de accu noodzakelijk om deze binnen het ideale temperatuurbereik te brengen. Alleen in dit bereik kan een bevredigende actieradius in de modus "elektrisch rijden" worden bereikt.

Om deze extra verwarming te realiseren wordt de accu in een secundair circuit opgenomen. Dit circuit waarborgt dat de ideale bedrijfstemperatuur van 15–30 °C continu wordt gehandhaafd. In het accublok stroomt koelvloeistof, bestaande uit water en glycol, door een ingebouwde koelplaat (groen circuit). Bij lage temperaturen kan de koelvloeistof via een verwarming snel worden verwarmd om de ideale temperatuur te bereiken. Als tijdens het gebruik van de hybridefuncties een temperatuurstijging in de

accu optreedt, wordt de verwarming uitgeschakeld. De koelvloeistof kan vervolgens met behulp van de luchtstroom worden gekoeld door de accukoeler of lagetemperatuurkoeler die zich in het voertuigfront bevindt.

Als de koeling door de accukoeler bij hoge buitentemperaturen onvoldoende is, stroomt de koelvloeistof door een chiller. Hierin wordt koudemiddel uit de airco-installatie van het voertuig verdampt. Bovendien kan warmte zeer compact en met een hoge capaciteit vanuit het secundaire circuit op het verdampende koudemiddel worden overgedragen. De koelvloeistof wordt extra afgekoeld. Door het gebruik van de speciale warmtewisselaar kan de accu binnen het temperatuurbereik voor het hoogste rendement worden gebruikt.



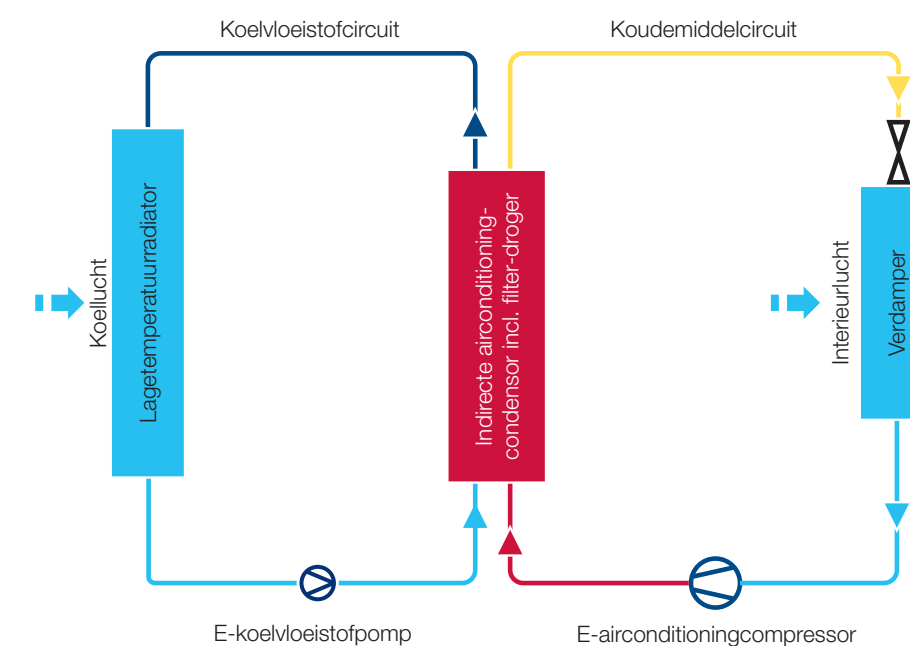
Indirecte airconditioningcondensor

Indirecte airconditioningcondensoren, die het opgewarmde koudemiddel na compressie door de airconditioningcompressor afkoelen en zo vloeibaar maken, worden reeds gebruikt in vele moderne voertuigen met verbrandingsmotor en zijn ook de beste technische optie voor hybride- en elektrische voertuigen. Ze zijn kleiner, efficiënter en krachtiger dan rechtstreeks gekoelde airconditioningcondensoren, omdat de warmte veel beter op de koelvloeistof wordt overgedragen dan op de aangevoerde lucht. Door het indirecte concept en de daardoor flexibel te kiezen positie in het voertuig is de klassieke airconditioningcondensor in het voertuigfront niet meer nodig. Een indirecte airconditioningcondensor maakt namelijk geen gebruik van de door de rijwind aangevoerde lucht, maar er stroomt koudemiddel en bovendien koelvloeistof van de lagetemperatuurradiator doorheen. De lagere temperatuur van de koelvloeistof wordt gebruikt om het hete, gasvormige koudemiddel afkomstig van de airconditioningcompressor af te koelen, waardoor het koudemiddel vloeibaar kan worden. Aangezien de indirecte airconditioningcondensor niet in het voertuigfront hoeft te worden ingebouwd, is hij beter

beschermd tegen mechanische schade (steenslag, ongeval). De hoofdradiator en de lagetemperatuurradiator krijgen meer lucht, waardoor het hele systeem op zijn beurt efficiënter werkt.

Afhankelijk van de voertuigarchitectuur en de plaats waar de indirecte airconditioningcondensor is ondergebracht, kunnen naast de kleinere constructie ook kortere buizen en leidingen van en naar de indirecte airconditioningcondensor worden gebruikt. Dit betekent dat de hoeveelheid koudemiddel in het circuit lager kan worden gehouden dan bij een directe airconditioningcondensor.

De indirecte airconditioningcondensor heeft twee inlaten en twee uitlaten voor koudemiddel en koelvloeistof, en een ingebouwde filter-droger in upgrades. Dat maakt de condensor heel compact en zo hoeven ook minder leidingen te worden gebruikt. In de verschillende uitvoeringen (zonder/met droger) kan de airconditioningcondensor worden gebruikt in voertuigen met airco-installatie of met warmtepomp en airco-installatie.



Thermomanagementmodule

De hieronder afgebeelde thermomanagementmodule brengt de tot nu toe afzonderlijk ingebouwde componenten samen in één geheel. Het omvat de elektrische airconditioningcompressor, de chiller, de indirecte airconditioningcondensor, de filterdroger, koudemiddelventielen, elektrische koelvloeistofpompen en andere componenten.

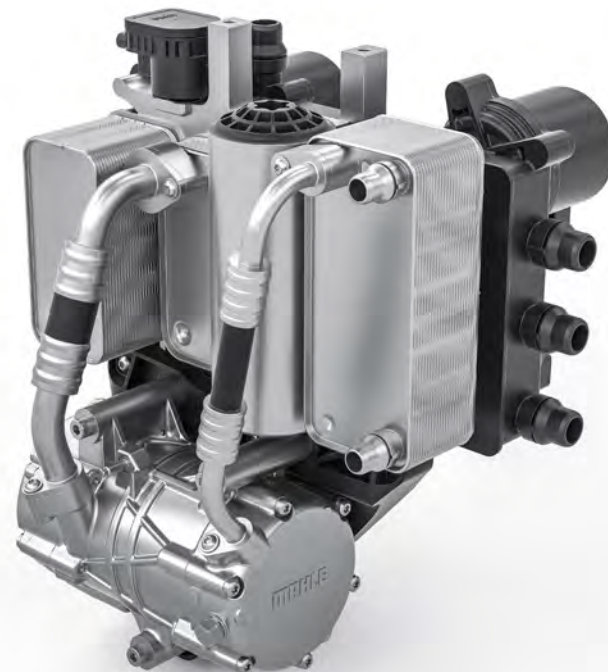
Dankzij de interactie van de componenten vervult de thermomanagementmodule belangrijke taken in elektrische en hybridevoertuigen, zoals het waarborgen van een optimale accutemperatuur, de efficiënte werking van de aandrijflijn en de regeling van de temperatuur in het interieur van het voertuig onder verschillende omgevingsomstandigheden.

De module verbindt bovendien de koudemiddel- met de koelvloeistofcircuits. Hierdoor kunnen de accu, de aandrijflijn en het interieur van het voertuig efficiënter worden verwarmd in de winter en optimaal gekoeld in de zomer.

Voordelen van de module-oplossing

De module-aanpak maakt kleinere inbouwruimtes mogelijk en vermindert de montagetijd aanzienlijk, wat uiteindelijk de installatie vereenvoudigt en kosten bespaart. Naast de verminderde systeemcomplexiteit verbeteren de thermische controle en de systeembetrouwbaarheid. De modules werken bovendien veel efficiënter dan hun afzonderlijke onderdelen en kunnen de actieradius van een elektrische auto met tot wel 20 % vergroten, terwijl de laadsnelheid merkbaar wordt verhoogd. Op deze manier draagt dit concept bij aan de economische efficiëntie van elektrische en hybridevoertuigen.

Video: MAHLE Thermal Management Module ▼



Bionische koelplaat

De bionische koelplaat van MAHLE is een technologische vooruitgang op het gebied van accukoeling. Geïnspireerd door de natuur hebben de ingenieurs van MAHLE een innovatieve koelkanaalstructuur ontwikkeld die lijkt op de vorm van een koraal. Deze bionische innovatie verbetert de thermodynamische prestaties en structurele eigenschappen van de koelplaat aanzienlijk.

De nieuwe structuur van de bionische koelplaat zorgt voor 10 % meer koelvermogen en 20 % minder drukverlies, wat resulteert in een gelijkmatige temperatuurverdeling in de accu. Een ander voordeel van deze technologie is de vermindering van de materiaaldikte, wat de efficiëntie van de koelplaat verder verhoogt en tegelijkertijd het materiaalverbruik met 15 % vermindert. Dit leidt tot een vermindering van de CO₂-uitstoot met eveneens 15 %. De geoptimaliseerde koelprestaties maken het mogelijk om de accu sneller op te laden, zijn levensduur te verlengen en de prestaties te verbeteren, zelfs onder extreme omstandigheden zoals bij snel opladen.

Dankzij de intelligente regeling van de koelvloeistofstroomsnelheid, vooral bij geringe temperatuurverschillen, wordt de warmteoverdracht efficiënter gemaakt. Dit helpt om de piektemperaturen van de accu aanzienlijk te verlagen en zijn goede werking te waarborgen.

Warmtepomp

Ook bij een elektrische auto moet het interieur in de winter verwarmd kunnen worden. Als de benodigde warmte van meerdere kilowatt door elektrische verwarmingselementen wordt opgewekt, vermindert de actieradius van de tractie-accu echter aanzienlijk. Een energiezuinige en efficiënte oplossing is de warmtepomp.

Een warmtepomp onttrekt warmte aan de buitenlucht en brengt deze naar het interieur van het voertuig. Afhankelijk van de buitentemperatuur heeft de warmtepomp slechts ongeveer een derde van het elektrische vermogen uit de tractie-accu nodig om het interieur in gelijke mate te verwarmen.

Hoe werkt een warmtepomp?

Elke airco-installatie is eigenlijk een warmtepomp. Om het interieur te koelen wordt de warmte naar buiten geleid, naar de airconditioningcondensor. Ook bij de accukoeling wordt de warmte van de accu naar de airconditioningcondensor aan de voorkant van het voertuig (buiten) gestuurd.

Voor de warmtepomp wordt dezelfde airconditioningcompressor van de airco-installatie gebruikt. Een extra airconditioningcondensor in het voertuiginterieur brengt de warmte via een luchtklep naar het interieur. Tegelijkertijd schakelt een magneetventiel het koelvloeistofcircuit om, zodat de airconditioningcondensor aan de voorzijde van het voertuig nu als verdamper dient.

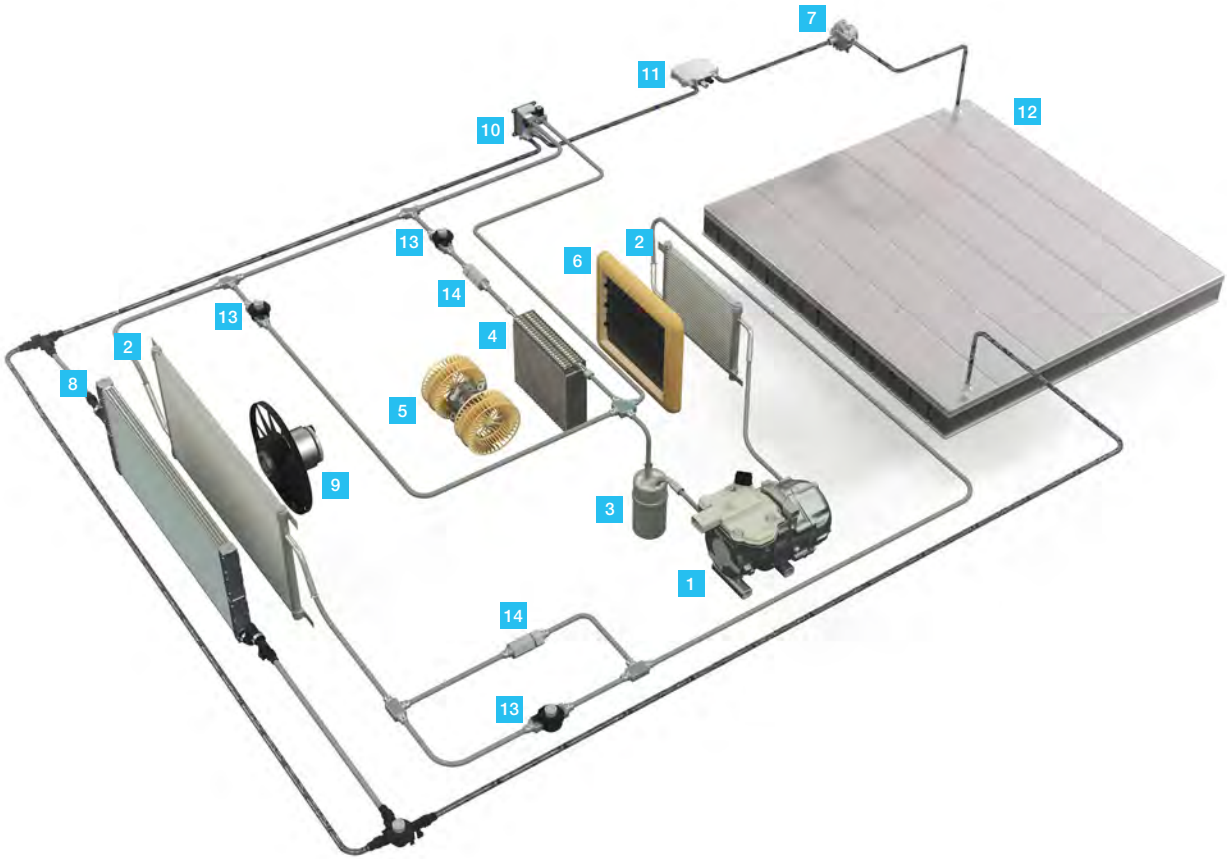
De warmtepomp in werking

De warmtepomp in een elektrische auto combineert de klimaatregeling van het interieur met het temperatuurmanagement van de accu. Het hart van het systeem is de chiller, die als warmtewisselaar zowel is verbonden met het koelvloeistofcircuit van de accu als met het koudemiddelfcircuit van de airconditioning.

Door het gebruik van magneetventielen ontstaan drie belangrijke circuits: airconditioning, accukoeling en verwarming. Het systeem kan dus in verschillende modi werken, die afhankelijk van de situatie kunnen worden gecombineerd.

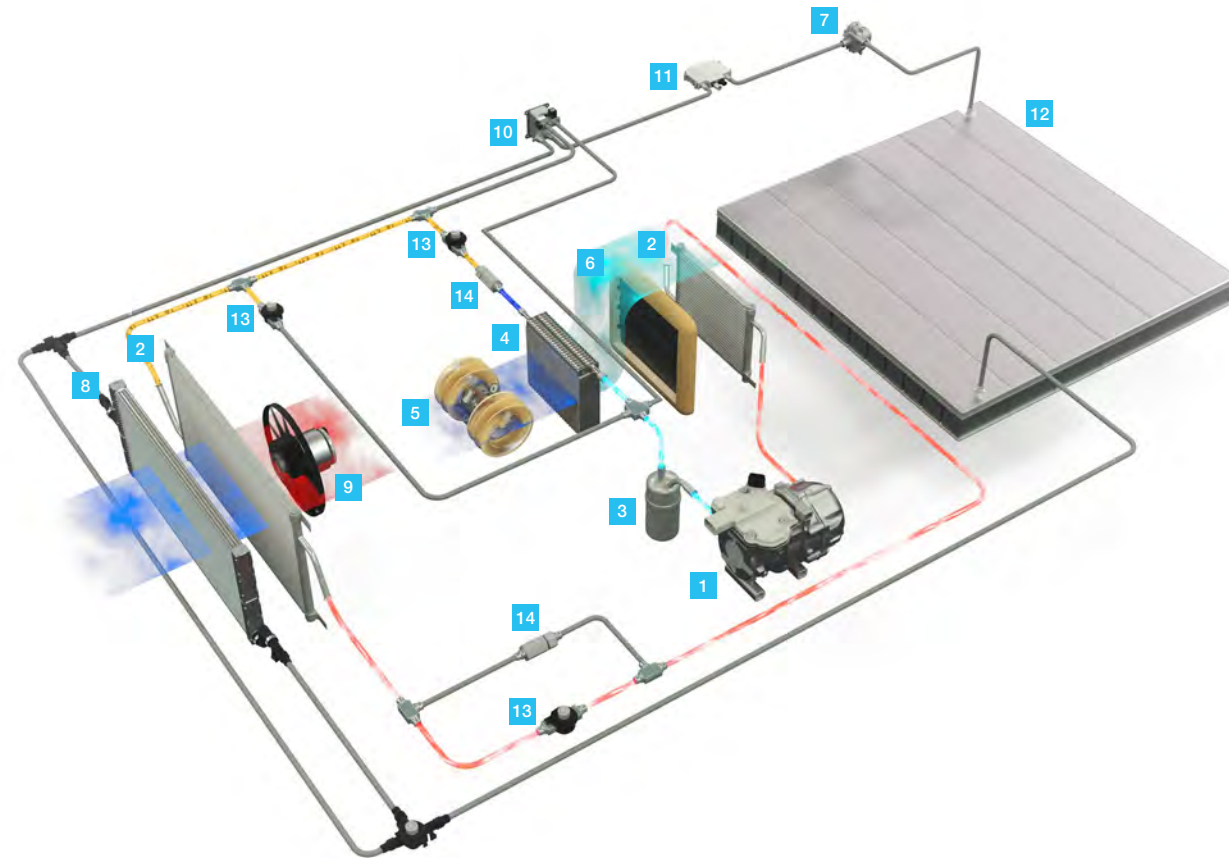


In onze **TechTool** vindt u een dynamische versie van dit diagram.



- | | |
|-------------------------|---|
| 1 Hoogvoltagecompressor | 8 Lagetemperatuurradiator |
| 2 A/C-condensor | 9 Elektrische koelventilator |
| 3 Accumulator | 10 Chiller |
| 4 Verdamper | 11 Hoogvoltage-koelvloeistofbijverwarming |
| 5 Interieurventilator | 12 Accu |
| 6 Luchtklep (lamellen) | 13 Koudemiddelfsluitklep |
| 7 Koelvloeistofpomp | 14 Smoorklep |

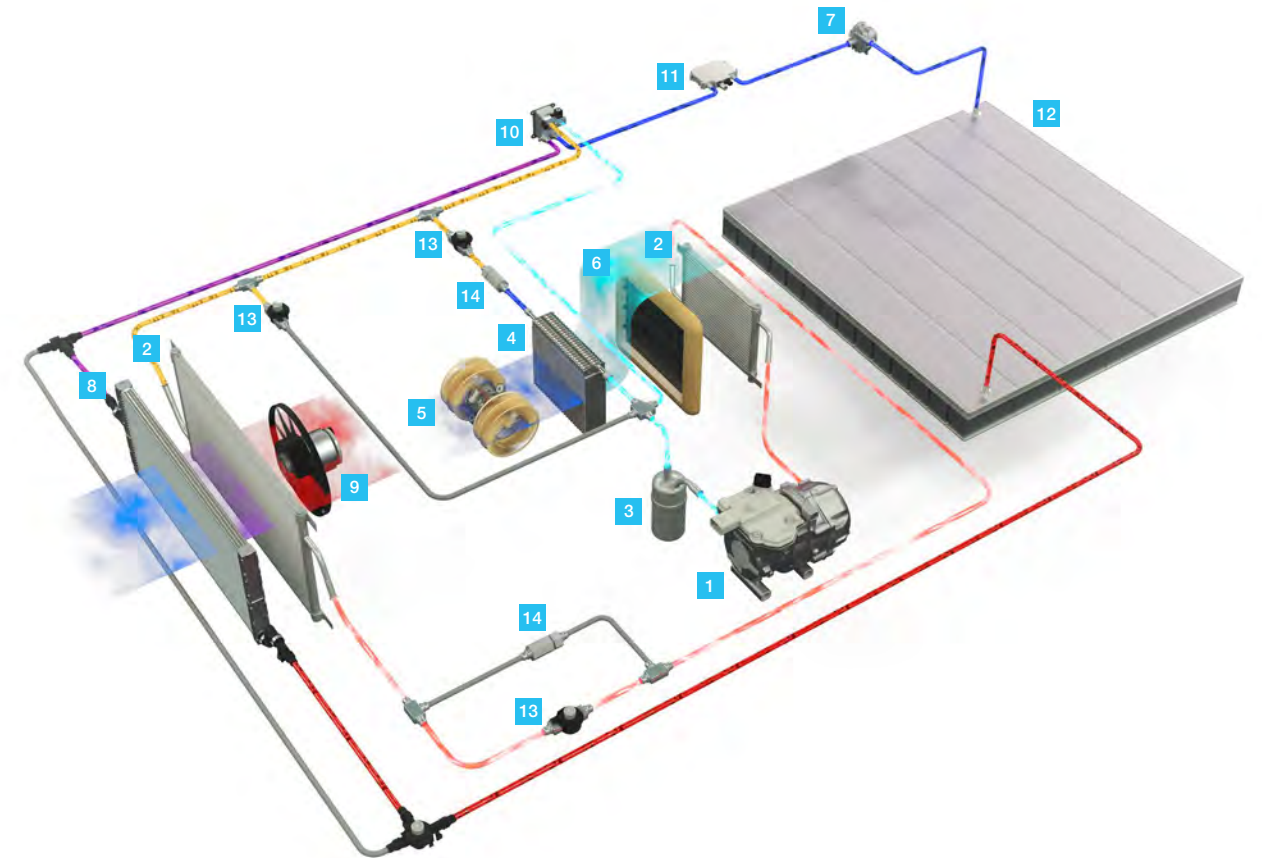
Modus: interieur koelen



Als het interieur moet worden gekoeld, wordt het circuit “airconditioning” geactiveerd. Het hete, samengeperste en gasvormige koudemiddel wordt vanuit de airconditioningcompressor eerst naar de condensor in het interieur geleid. Hier vindt echter geen condensatie plaats, omdat de lamellen naar het interieur gesloten blijven. Het koudemiddel blijft dus gasvormig en de temperatuur ervan verandert niet. Pas in de condensor aan de voorkant van het voertuig wordt het koudemiddel door de rijwind gekoeld. Het vervolgens vloeibare koudemiddel wordt van daaruit, nog steeds

onder hoge druk, naar de verdamper in het interieur geleid. Vóór deze verdamper is een constante smoorklep (orifice tube) aangesloten, die een snelle drukdaling genereert en dus ook een afkoeling van het koudemiddel door de doorsnede van de leiding te verkleinen. De interieurventilator zorgt ervoor dat de door de verdamper gegenereerde verdampingskoude naar het interieur wordt verspreid. Het koudemiddel dat bij lage druk gasvormig uit de verdamper ontsnapt, keert via een filter-droger (accumulator) terug naar de compressor.

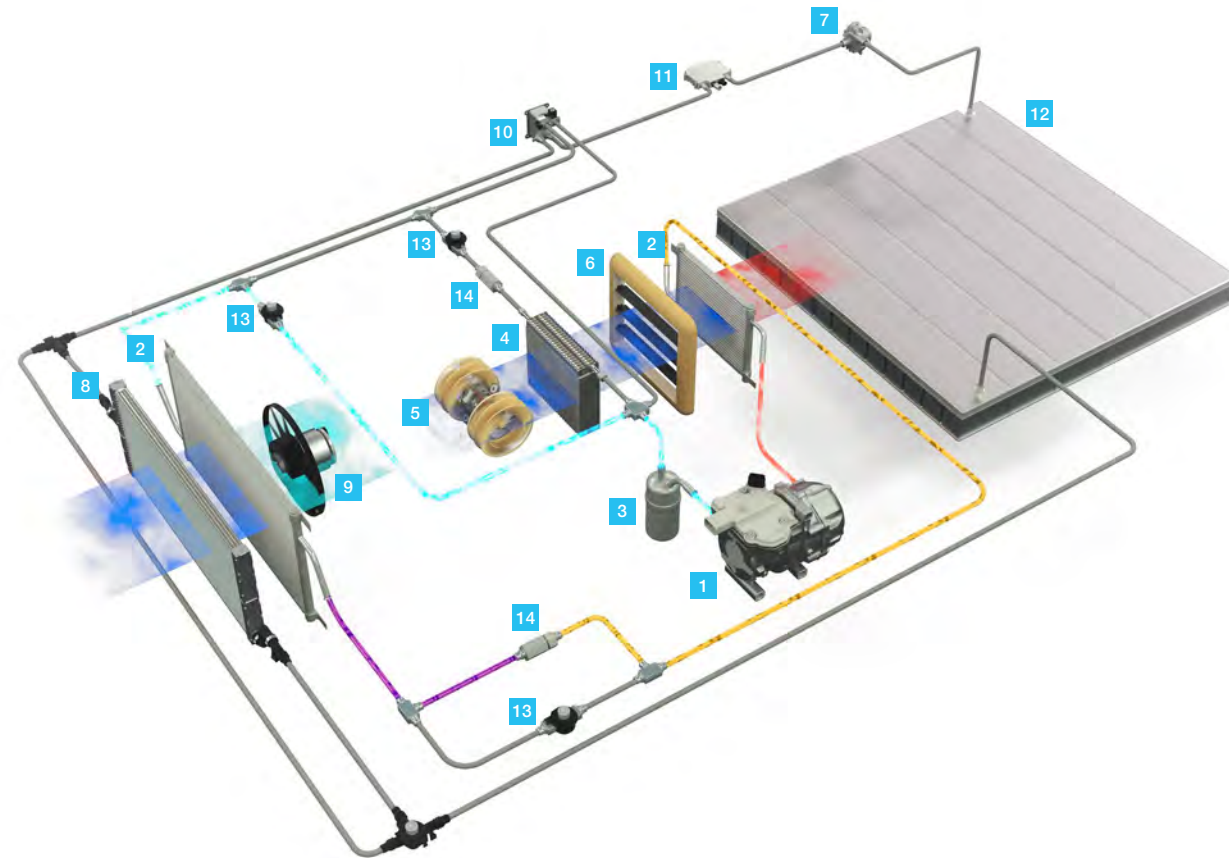
Modus: interieur en accu koelen



In de modus “accu koelen” wordt het koudemiddelcircuit uitgebreid, zodat het ook voor de koeling van de accu kan worden gebruikt. Dit gebeurt voornamelijk via de lagetemperatuurkoeler aan de voorkant van het voertuig. Van daaruit wordt de koelvloeistof echter niet terug naar de accu gepompt, maar verder naar de chiller. Door het openen van een magneetventiel wordt de chiller tegelijkertijd voorzien van vloeibaar koudemiddel uit de voorste condensor. Een deel van het koudemiddel stroomt dus naar de chiller, het andere deel – zoals hierboven beschreven –

via de orifice tube naar de interieurverdampers. Als speciale warmtewisselaar gebruikt de chiller het koudemiddel om de temperatuur van de accukoelvloeistof verder te verlagen. Daarna stroomt de koelvloeistof met behulp van een koelvloeistofpomp via de (inactieve) hoogvoltage-koelvloeistofbijverwarming terug naar de accu. Tegelijkertijd stroomt het nu gasvormige koudemiddel langs de interieurverdampers rechtstreeks naar de accumulator en dus terug naar de compressor.

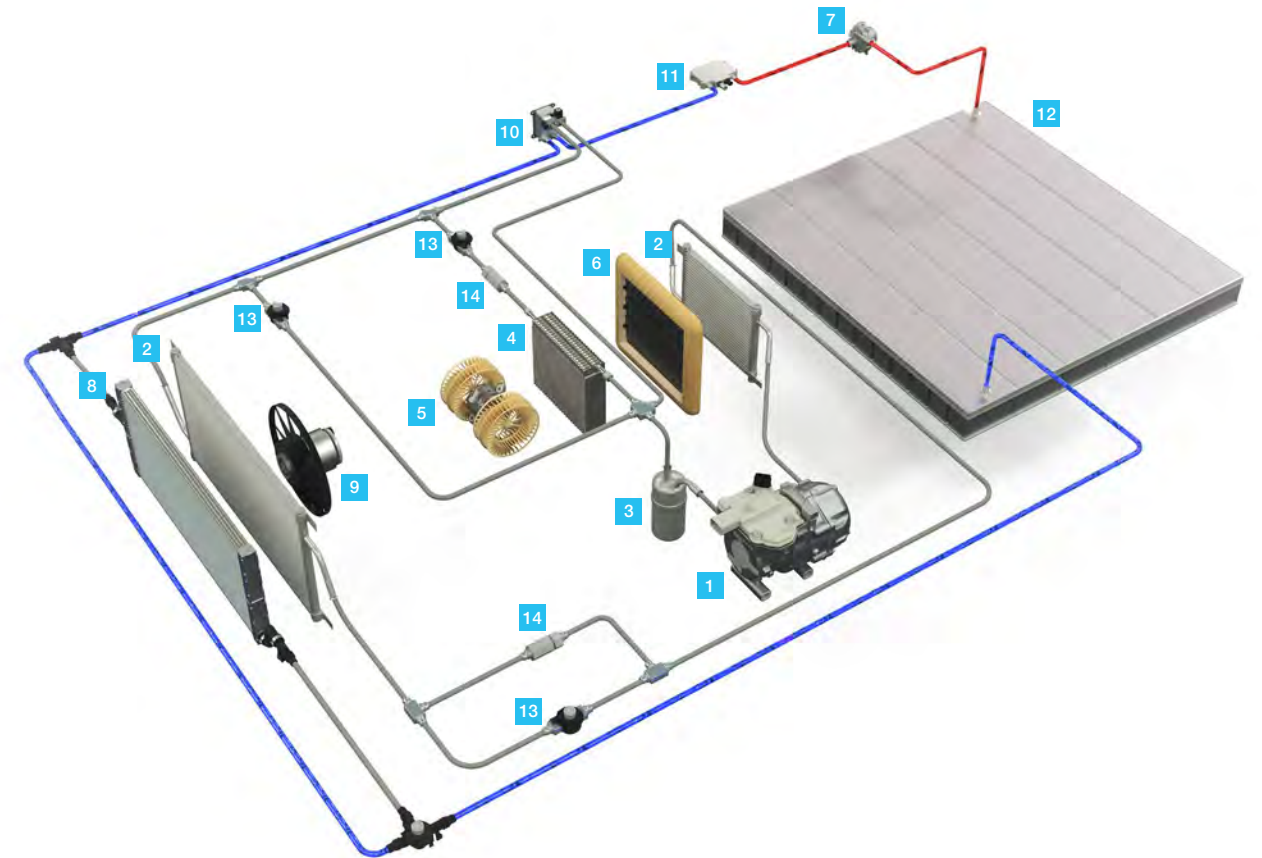
Modus: interieur verwarmen



Ook bij het verwarmen van het interieur speelt de hoogvoltage-airconditioningcompressor de hoofdrol. Het comprimeren van het gasvormige koudemiddel is hier echter niet alleen een middel om het doel te bereiken. In feite benut het systeem de daarmee gepaard gaande temperatuurstijging van het koudemiddel door het rechtstreeks naar de condensor in het interieur te leiden. De lamellen van de luchtklep staan open, zodat de luchtstroom die door de ventilator wordt gegenereerd, de condensor kan bereiken. Daar komt warmte vrij, die vervolgens naar het passagiers-

compartiment wordt getransporteerd. Tegelijkertijd wordt het koudemiddel afgekoeld, zodat het de condensor in vloeibare toestand weer verlaat. Na verdere afkoeling door een smoorklep (orifice tube) stroomt het koudemiddel naar de condensor aan de voorkant van het voertuig, die in deze modus als verdamper functioneert: het koudemiddel koelt sterk af door de rijwind en de elektrische koelventilator, en wordt weer gasvormig. Via de filter-droger wordt het koudemiddel vervolgens opnieuw door de compressor aangezogen, en het proces begint van voren af aan.

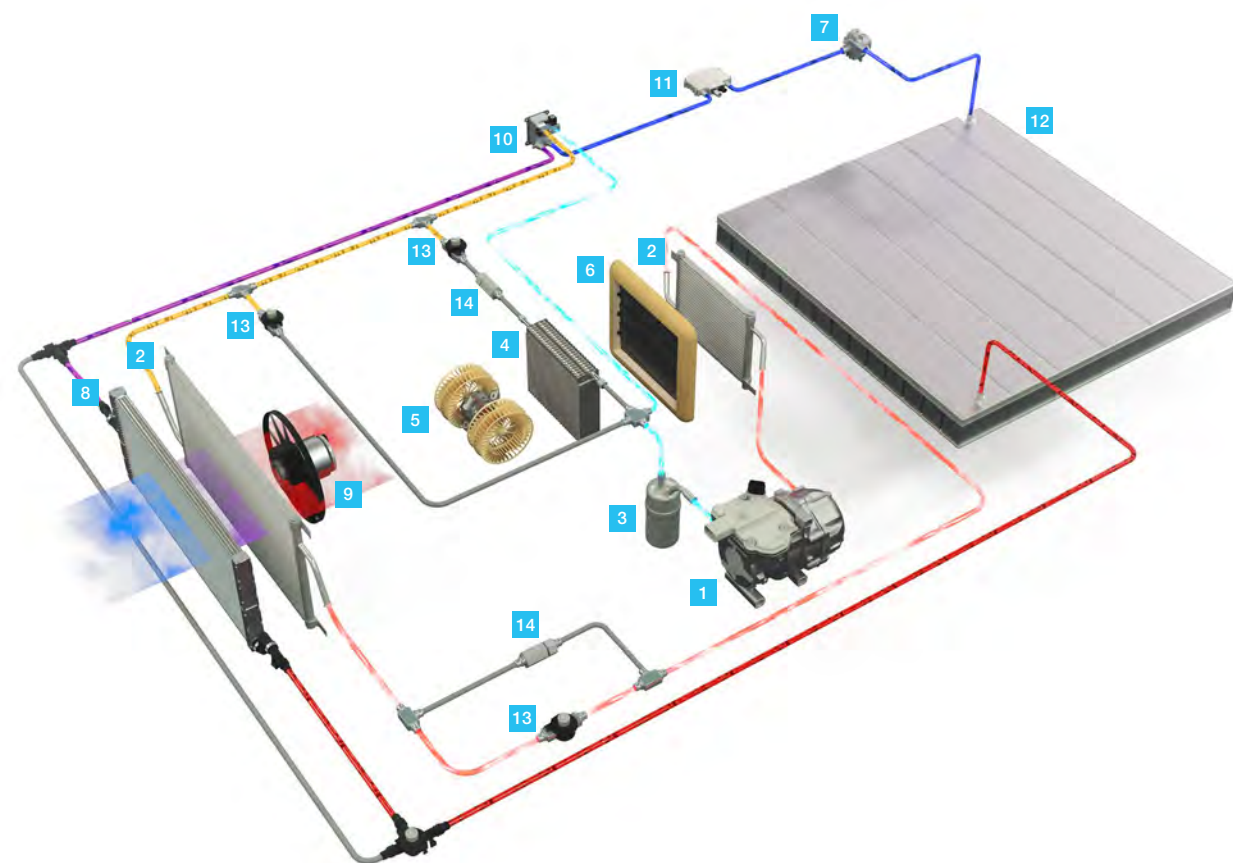
Modus: accu voorverwarmen



Of je nu op weg gaat of de auto aan de lader zet: in de winter moet de accu eerst opwarmen tot de bedrijfstemperatuur van circa 15–30 °C om zijn levensduur en capaciteit te behouden. Een elektrische hoogvoltage-bijverwarming, geïntegreerd in het

koelvloeistofcircuit, zorgt hiervoor. Wanneer die in werking treedt, wordt de koelvloeistof langs de radiator geleid. De bijbehorende magneetventielen sluiten het circuit, zodat er geen koudemiddel door de chiller stroomt.

Modus: accu koelen



Door het hoge laadvermogen warmt de accu aanzienlijk op in de afzonderlijke cellen. Hij moet worden gekoeld. Dit geldt echter niet noodzakelijk voor het interieur van het voertuig. Het systeem van de warmtepomp zorgt er daarom voor dat de koeling van de accu ook zonder airconditioning van de passagiersruimte kan plaatsvinden. De elektrische koelventilator aan de voorzijde vervangt de rijwind, door lucht door de lagetemperatuurkoeler en de condensor van de airconditioning te laten stromen. Terwijl de temperatuur van de accukoelvloeistof op deze manier al een

beetje daalt, pompt de airconditioningcompressor het gasvormige, gecomprimeerde koudemiddel door de interieurcondensor. De interieurventilator blijft echter inactief en de luchtklep is gesloten. Het koudemiddel wordt vloeibaar gemaakt in de condensor aan de voorkant, en in de chiller verlaagt het de temperatuur van de accukoelvloeistof nog verder. Vanuit de chiller stroomt het weer gasvormige koudemiddel met lage druk via de filter-droger terug naar de compressor.



Brandstofcel en waterstof

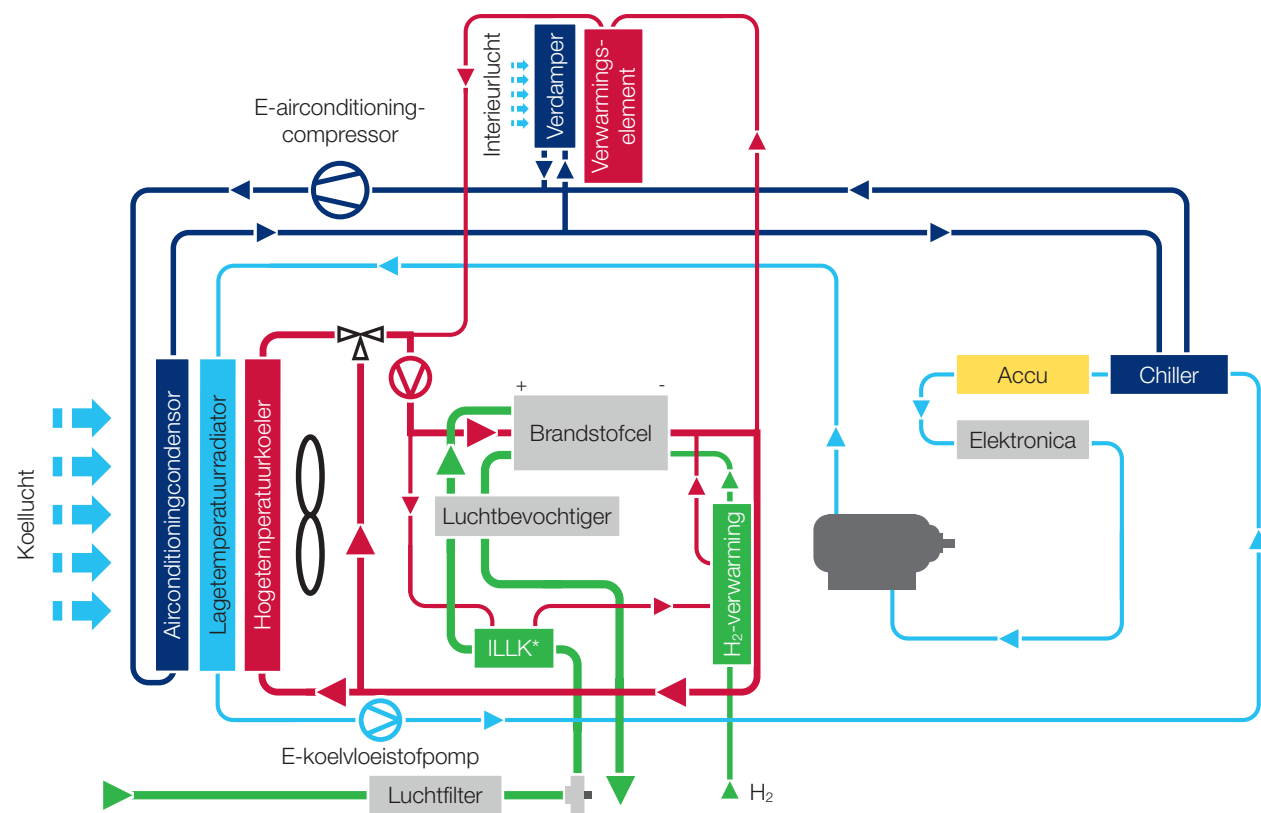
Elektrische voertuigen met een brandstofcel gebruiken waterstof als energiedrager. De waterstof wordt tijdens het tanken onder hoge druk in de druktanks van het voertuig gepompt. Samen met samengeperste inlaatlucht wordt de waterstof naar de brandstofcel gevoerd. De brandstofcel wekt elektriciteit op voor de tractiemotor en de hulpaggregaten.

Omdat de brandstofcel wat traag werkt, wordt in het voertuig ook een kleinere accu geïnstalleerd. De accu dient als buffer voor het versnellen en ook voor de recuperatie.

Vermogenselektronica, motor en brandstofcel stellen hoge eisen aan de respectievelijke optimale temperatuurregeling. Bovendien heeft de brandstofcel bijzonder schone lucht nodig, die ook vrij is van schadelijke gassen zoals ammoniak. De membranen van de brandstofcel moeten ook worden bevochtigd, zodat ze langdurig betrouwbaar werken.

De voordelen van een elektrisch voertuig met een brandstofcel zijn een grote actieradius en snel tanken.

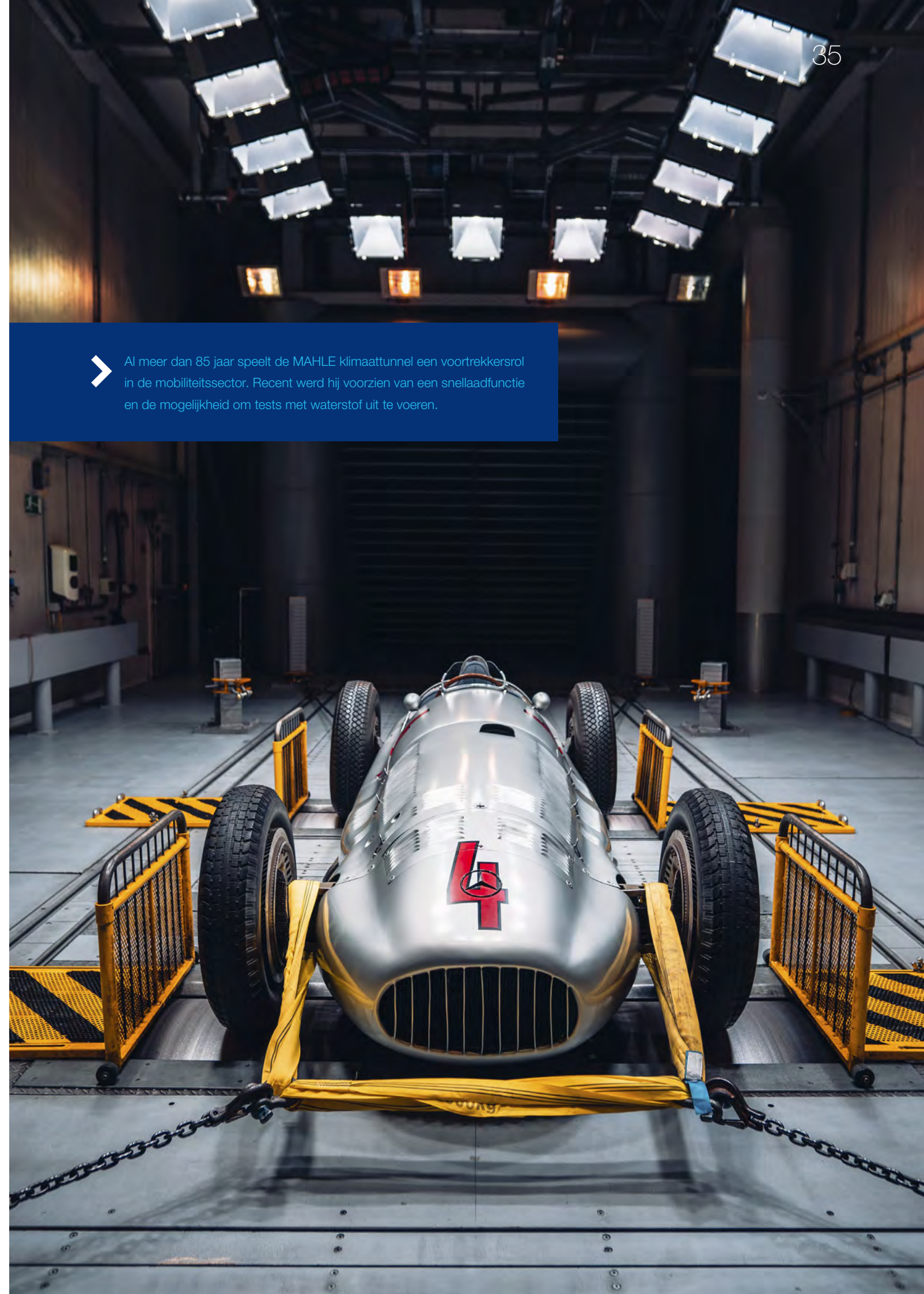
Onderdelen en componenten in elektrische auto's met een brandstofcel



*ILLK: indirecte laadluchtkoeler



Al meer dan 85 jaar speelt de MAHLE klimaattunnel een voortrekkersrol in de mobiliteitssector. Recent werd hij voorzien van een snellaadfunctie en de mogelijkheid om tests met waterstof uit te voeren.



Oliën voor e-airconditioningcompressoren

Een defect aan de e-airconditioningcompressor kan veel geld kosten. Een van de beslissende componenten voor de levensduur van de compressor is de compressorolie. Het gebruik van minderwaardige of verkeerde olie leidt, net als bij de motor, tot een verhoogde slijtage, vroegtijdig uitvallen van de airconditioningcompressor en verlies van de wettelijke garantie of fabrieksgarantie.

Vandaar onze aanbeveling: PAO-olie 68 van MAHLE. Deze niet-hygroscopische multigrade olie smeert airconditioningcompressoren betrouwbaar en is tegelijkertijd een economische oplossing voor werkplaatsen. De Clear Version (zonder lekdetectiemiddel) is zowel geschikt voor de koudemiddelen R134a en R1234yf als voor mechanisch en elektrisch aangedreven airconditioningcompressoren. Optioneel is PAO-olie 68 ook verkrijgbaar met UV-lekdetectiemiddel.

PAO-olie 68

- Niet-hygroscopisch: in tegenstelling tot andere oliën neemt PAO-olie 68 geen vocht uit de omgeving op.
- Als alternatief te gebruiken voor verschillende PAG- en POE-oliën (raadpleeg het gebruiksoverzicht!), waardoor er minder verschillende oliën op voorraad moeten worden gehouden.
- Is al meer dan 20 jaar succesvol in de praktijk.
- Helpt de efficiëntie van de airco-installatie te verhogen.
- Heeft geen nadelige invloed op de onderdelen van het airco-circuit (dit geldt ook voor gebruik in airco-servicestations/door de fabrikant bevestigd via de Sealed Tube Test volgens de ASHRAE 97-norm).
- Onze PAO-olie 68 AA1 Clear Version (zonder lekdetectiemiddel) kan naast het koudemiddel R134a ook worden gebruikt met het koudemiddel R1234yf en in elektrisch aangedreven airconditioningcompressoren in hybride- en elektrische voertuigen.

Voordelen en werking

- De niet-hygroscopische eigenschap heeft het voordeel dat de PAO-olie gemakkelijk te hanteren is in de werkplaats. De vereiste hoeveelheid olie kan ook uit grote verpakkingen (bijv. 5 liter) worden gehaald.
- Door de lage oplosbaarheid van het koudemiddel in de olie wordt de PAO-olie niet verdund en behoudt hij zijn volledige viscositeit in de airconditioningcompressor.
- Een oliefilm in de componenten leidt tot een betere afdichting en minder wrijving tussen bewegende delen in de airconditioningcompressor.
- De bedrijfstemperatuur en slijtage worden verminderd.
- Dit verhoogt de bedrijfszekerheid, vermindert het lawaai en verlaagt de bedrijfstijd en het energieverbruik van de airconditioningcompressor.

MAHLE artikelnummer/ MAHLE Service Solutions artikelnummer	Product	Visco- siteits- klasse	Inhoud	Bruikbaar voor koude- middelen	Bruikbaar voor	Bruikbaar voor types airconditio- ningcompressoren
PAO 68 AA1 – Clear Version (zonder lekdetectiemiddel)						
ACPL 10 000P 1010350483XX	PAO AA1 Clear Version	ISO 68	1,0 l	R1234yf R134a R413a	Airco-installaties in voer- tuigen met conventionele benzine- of dieselmotor (personenwagens, bedrijfs- voertuigen, landbouw- en bouwmachines); hybride- en elektrische voertuigen; koeltransportwagens	Alle compressortypes (ook elektrisch aan- gedreven compres- soren), behalve vleu- gelcelcompressoren
ACPL 11 000P 1010350484XX	PAO AA1 Clear Version	ISO 68	500 ml	R22 R12 R507a R500		
ACPL 14 000P 1010350486XX	PAO AA1 Clear Version	ISO 68	5,0 l	R502 R513a		
PAO 68 AA3 – Clear Version (zonder lekdetectiemiddel)						
ACPL 13 000P 1010350485XX	PAO AA3 Clear Version	ISO 100	1,0 l	R1234yf R134a R413a	Airco-installaties in voertui- gen met conventionele ben- zine- of dieselmotor, evenals hybride- en elektrische aan- drijving (personenwagens, bedrijfsvoertuigen, land- bouw- en bouwmachines)	Speciaal voor vleu- gelcelcompressoren



Hier vindt u aanvullende informatie over onze PAO-olie 68 en andere compressoroliën.





Tips voor werkplaatsen

Onderhoud van elektrische en hybridevoertuigen

Bij algemene inspectie- en reparatiewerkzaamheden (zoals aan uitlaatsystemen, banden, schokdempers of bij olieversing en bandenwissel) geldt voor elektrische en hybridevoertuigen een bijzondere situatie. Alleen medewerkers die door een “vakbekwaam persoon voor werkzaamheden aan hybride en elektrische voertuigen” zijn geïnformeerd over de gevaren van hoogvoltagelagesystemen en de juiste instructies hebben gekregen, mogen deze uitvoeren.

Werkplaatsen zijn verplicht om alle medewerkers die betrokken zijn bij de bediening, het onderhoud en de reparatie van elektrische en hybridevoertuigen adequaat op te leiden. Bovendien is het verplicht gereedschappen te gebruiken die voldoen aan de specificaties van de voertuigfabrikant. Neem in verband hiermee de landspecifieke vereisten in acht.



Gereedschappen voor werkzaamheden aan het hoogvoltagelagesysteem

Pechhulp, wegslepen en bergen van elektrische en hybridevoertuigen

Bestuurders van voertuigen met hoogvoltagelagesystemen (HV-systemen) worden niet blootgesteld aan rechtstreeks elektrisch gevaar, ook niet in het geval van een defect. Een groot aantal maatregelen van de voertuigfabrikanten beveiligen het HV-systeem. Ook pechhulp voor voertuigen met HV-systemen is ongevaarlijk, zolang er geen ingreep in het HV-systeem nodig is om storingen te verhelpen.

Bij pechhulp aan of wegslepen van voertuigen die bij een ongeval beschadigd zijn geraakt of uit de sneeuw en het water moeten worden geborgen, bestaan echter gevaren. De intrinsieke veiligheid van de voertuigen ter bescherming tegen elektrische schokken of vlambogen is weliswaar zeer hoog, maar biedt geen 100 % zekerheid in elk schadegeval. In geval van twijfel moet de betreffende informatie van de voertuigfabrikant in acht worden genomen of worden opgevraagd.

Wie mag pechhulp verlenen?

Pechhulp voor elektrische en hybridevoertuigen mag alleen worden verleend door personen die hiervoor speciaal gekwalificeerd zijn. De pechhulpverleners worden daarom geïnstrueerd over het ontwerp en de werking van voertuigen met hoogvoltagelagesystemen. Hierbij gelden de landspecifieke vereisten en voorwaarden voor niet-elektrotechnisch werk. (Voor Duitsland geldt de DGUV-informatie 200-005 “Qualifizierung für Arbeiten an Fahrzeugen mit Hochvoltsystemen” (kwalificatie voor werkzaamheden aan voertuigen met hoogvoltagelagesystemen), voorheen BGI 8686. Neem de betreffende landspecifieke omstandigheden in acht.)

Hoe herken ik of een voertuig een hoogvoltagelagesysteem heeft?

- Aan het opschrift op het dashboard of op het voertuig
- Aan oranje hoogvoltagelageskabels (zie afbeelding). De vuistregel is: handen af van hoogvoltagelagescomponenten en oranje leidingen
- Aan de markering op de HV-componenten (zie afbeelding)

Wat zijn de eerste stappen bij pechhulp?

- Contactsleutel verwijderen (let op: transpondersystemen worden bij nadering automatisch ingeschakeld) en daarna scheidingsstekker/disconnector loskoppelen.
- Controleer visueel of er HV-componenten beschadigd zijn.
- Voer geen werkzaamheden aan de HV-componenten uit. Deze mogen alleen worden uitgevoerd door personen die gekwalificeerd zijn om te werken aan voertuigen met hoogvoltagelagesystemen. Dit geldt ook als tijdens de pechhulp HV-componenten worden beschadigd of beschadigd blijken te zijn.
- Na uitschakeling van het HV-systeem kan enkele minuten restspanning aanwezig zijn, afhankelijk van de fabrikant.



Hoogvoltagelagescomponenten motorruimte



Scheidingsstekker/disconnector

Starten met hulpstartkabels: waar moet u op letten?

Neem absoluut de richtlijnen van de fabrikant in acht. Slechts enkele voertuigen kunnen met behulp van hulpstartkabels worden gestart via het 12/24 V DC-boordnet. Na het uitschakelen kunnen gevaarlijke restspanningen aanwezig zijn, die niet via de continue ontladingsweerstand worden ontladen. Neem voor het openen de aanwijzingen in de gebruiksaanwijzing en/of technische informatie van de voertuigfabrikant in acht.

Bergen en slepen: waar moet u op letten?

- Onbeschadigde voertuigen kunnen in principe op een takelwagen (plateauvoertuig) worden geladen.
- Bij het wegslepen met een stang of kabel moeten de voorschriften van de fabrikant in acht worden genomen.
- Om voertuigen veilig te bergen, moeten alle maatregelen uit het hoofdstuk “**Basisregels voor het werken aan elektrische en hybridevoertuigen**” in acht worden genomen.
- Als het voertuig met een lier wordt voortgetrokken/geborgen, mogen zich geen HV-componenten in de buurt van de aanslag- of bevestigingspunten bevinden en beschadigd worden. Hetzelfde geldt voor het optillen met een krik of laadkraan.

Wat moet ik doen bij een ongeval?

- Bij een ongeval wordt het HV-systeem in de meeste gevallen uitgeschakeld wanneer de airbag wordt opgeblazen. Dit geldt voor bijna alle personenauto's, maar niet noodzakelijkerwijs voor bedrijfsvoertuigen.
- Om zonder gevaar te kunnen werken, moeten alle maatregelen uit het hoofdstuk “**Basisregels voor het werken aan elektrische en hybridevoertuigen**” in acht worden genomen.

- Sommige fabrikanten bevelen aan of schrijven voor om de negatieve pool van de 12/24 V DC boordaccu los te koppelen (meer informatie vindt u ook in de respectievelijke reddingshandleidingen).
- Als HV-accu's of HV-condensatoren (energieopslagapparaten in bedrijfsvoertuigen) bij een ongeval zijn beschadigd of losgerukt, levert dat een bijzonder gevaar op. Hulpdiensten van de brandweer of een technische hulporganisatie moeten in dit geval worden ingeschakeld. Bij de omgang met beschadigde HV-accu's zijn passende persoonlijke beschermingsmiddelen (gelaatsbescherming, veiligheidshandschoenen voor het werken onder spanning) vereist.
- Gelekte accuvloeistoffen kunnen bijtend of irriterend zijn, afhankelijk van het accutype. Elk contact hiermee moet worden vermeden. Na een ongeval kan niet worden uitgesloten dat de HV-accu's later door interne reacties alsnog vlam vatten. Voertuigen die betrokken waren bij een ongeval, mogen daarom niet in gesloten ruimten worden geparkeerd.

Bijscholing voor de reparatie van elektrische en hybridevoertuigen

Wetenswaardigheden

Om de complexe systemen, met name op het gebied van thermomanagement, in elektrische en hybridevoertuigen te kunnen onderhouden en repareren, is permanente verdere opleiding noodzakelijk. In Duitsland bijvoorbeeld hebben werknemers die aan dergelijke hoogvoltagesystemen werken, een extra tweedaagse opleiding als “vakbekwaam persoon voor werkzaamheden aan hybride en elektrische voertuigen” nodig.

De daar verkregen kennis maakt het mogelijk enerzijds het gevaar bij noodzakelijke werkzaamheden aan het systeem in te schatten, en anderzijds ervoor te zorgen dat het systeem voor de duur van de werkzaamheden spanningsvrij is. Zonder passende opleiding is het verboden aan hoogvoltagesystemen of hun componenten te werken. De reparatie of vervanging van onder spanning staande hoogvoltagecomponenten (accu) vereist een speciale kwalificatie.

Opleidingsaanbod

Ongeacht of u momenteel een opleiding volgt, al beroepservaring in de werkplaats hebt of werkzaam bent in de engineering: in het aanbod van MAHLE Lifecycle and Mobility vindt u de juiste training.

Naast theorieopleidingen biedt MAHLE Lifecycle and Mobility speciale praktijkopleidingen voor schadepreventie voor auto's, vrachtwagens en landbouw- en bouwmachines.

Wij van MAHLE Lifecycle and Mobility zijn flexibel: u kiest het gewenste onderwerp en vertelt ons wanneer en waar de opleiding moet plaatsvinden – wij organiseren al het andere. Neem gewoon contact op met uw MAHLE Lifecycle and Mobility handelspartner of stuur ons rechtstreeks een bericht via ma.training@mahle.com.

Onze technische experts kijken uit naar boeiende en inspirerende sessies met u!



Meer informatie en actuele trainingsdata vindt u op onze [website](https://www.mahle.com/training).



Werkplaatsuitrusting van MAHLE Service Solutions

MAHLE Service Solutions is de aangewezen partner als het gaat om het steeds belangrijker wordende professionele onderhoud van airco-installaties. Want in elektrische en hybridevoertuigen zorgt de airco-installatie er ook voor dat de aandrijfaccu op de juiste temperatuur is! Ook goed voor de accu: onze TechPRO® diagnoseapparaten met E-SCAN en het nieuwe apparaat BatteryPRO E-HEALTH, die een snelle diagnose van de aandrijfaccu mogelijk maken. In combinatie met het eveneens nieuwe E-CARE-servicetoestel voor het onderhoud van de koelcircuits van voertuigaccu's bent u perfect voorbereid op de toekomst!



ArcticPRO® airco-servicetoestellen



Artikelnummer: 1010350383XX

ArcticPRO® ACX 380 is het topmodel van de reeks airco-servicestations voor R134a. Beter kan niet! Het apparaat biedt alle eigenschappen van de serie plus het extreme comfort van het geïntegreerde POE-oliecircuit, wat een must is voor wie naast voertuigen met traditionele motoren vaak hybride- of elektrische auto's onderhoudt. ACX 380 voor R134a-systemen kan gemakkelijk worden omgebouwd voor R1234yf of, indien nodig, ook voor het koudemiddel R513a. Dankzij de optionele integratie van onze diagnosemodule voor airco-installaties kan een deskundige diagnose van de airco-onderdelen rechtstreeks op het airco-servicetoestel worden uitgevoerd.

Alle MAHLE ArcticPRO®-airco-servicetoestellen beschikken standaard over een geïntegreerde spoelfunctie, waardoor airco-installaties snel en voordelig kunnen worden gespoeld met het koudemiddel R134a of R1234yf. Hiervoor zijn een extern spoelapparaat en onderdelen van een spoelset nodig. Beide zijn afzonderlijk verkrijgbaar. Na het starten van de functie op het spoelapparaat wordt de airco-installatie van het voertuig met vloeibaar koudemiddel onder hoge druk gespoeld. Dit wordt vervolgens weer afgezogen. Voor een zo goed mogelijk reinigingseffect moet deze cyclus drie keer worden uitgevoerd.



Artikelnummer: 1010350384XX

ArcticPRO® ACX 480 is het vlaggenschip van de serie toestellen voor R1234yf. Met ons toestel ACX 480 kunt u de volledige aircoservice toevertrouwen aan de geautomatiseerde processen van het station. U bent zeker van een perfect resultaat terwijl u ondertussen andere werkzaamheden kunt verrichten. Zo is een veilige, effectieve en economische aircoservice gegarandeerd! Ook de ACX 480 biedt integratie met speciale apps, die een zeer innovatieve en praktische bediening mogelijk maken. Daarnaast kan het toestel worden gekoppeld aan het TechPRO® diagnose-apparaat, waardoor het nog veelzijdiger wordt.

Accessoires voor het spoelen met ArcticPRO® airco-servicetoestellen

Met de airco-servicetoestellen breidt MAHLE het aanbod voor de connectiviteit van de garage verder uit. Garagemedewerkers kunnen met behulp van een smartphone-app de workflow en status van de toestellen bekijken of automatisch een servicebeurt bestellen. De ASA-interface op het toestel en de integratie in het garagenetwerk maken een snelle gegevensuitwisseling mogelijk. Het grote aanraakscherm, dat standaard op alle toestellen zit, geeft continu alle informatie, de geprogrammeerde processen en de actuele status weer. Een snelle start is op elk moment

mogelijk. Terwijl automatische software-updates via wifi op de achtergrond worden uitgevoerd, kunnen de werkzaamheden aan het voertuig gewoon doorgaan. Eventuele lekken in het aircosysteem worden snel opgespoord met stikstof of formeergas via een directe verbinding met het aircotoestel. Voor een tijdbesparende service kunnen de apparaten op afstand worden onderhouden: de garage ontvangt via wifi een snelle ondersteuning en diagnose rechtstreeks op het apparaat.

ACX universeel spoeltoestel voor de koudemiddelen R134a en R1234yf

- Spoeltank met steun voor flexibel gebruik: volledig onafhankelijk van het model en de plaats van het airco-servicetoestel.
- Ergonomisch geplaatst: controlekijkglas om het spoelproces en de zuiverheid van het koudemiddel te controleren.
- Flexibel gebruik: aansluiting voor hogedrukslang en adapterset voor verschillende airco-servicetoestellen.
- Spoeladapterset (3/8" en 1/4") maakt aansluiting mogelijk op alle standaard spoeladapters voor de airco-installatie en op de afzonderlijke onderdelen van het systeem.
- Koppelingadapterset voor de koudemiddelen R134a en R1234yf om de lagedrukkoppeling aan te sluiten op het spoeltoestel.
- Optioneel: beschermhoes voor opslag.



Artikelnummer: 1010350276XX



Hier vindt u het nog uitgebreidere assortiment airco-servicetoestellen en accessoires.



ArcticPRO® ROU – Recovery Only Unit

- Eenvoudig en veilig onbekende en verontreinigde koudemiddelen uit de airco-installatie van het voertuig verwijderen.
- Ecologisch: de professionele en veilige afvalverwijdering beschermt mens en milieu.
- Economisch: de ROU is direct inzetbaar in combinatie met een airco-servicetoestel, zonder dat extra hulp- of verbruiksmaterialen nodig zijn.
- Efficiënt: ons gepatenteerde interne circuit garandeert een snelle service met 95 % terugwinning binnen 30 minuten.



Artikelnummer: 1010350326XX

IDX 500 Analysetoestel voor koudemiddelen

Intern analysetoestel voor de MAHLE ACX airco-servicetoestellen voor de koudemiddelen R134a en R1234yf.

- Sneller dan het voorgaande model.
- Geeft duidelijk aan of zich R134a of R1234yf in het systeem bevindt.
- Maximale bescherming van het airco-servicetoestel.
- Veilige analyse via lagedrukkoppeling.
- Plug-and-playfunctie voor onmiddellijke integratie met het toestel.
- Eenvoudige, automatische bediening en onmiddellijk meetresultaat.
- Volledig geautomatiseerde sturing via geïntegreerd softwareproces.



Artikelnummer: 1010350393XX

Spoelset voor de koudemiddelen R134a en R1234yf

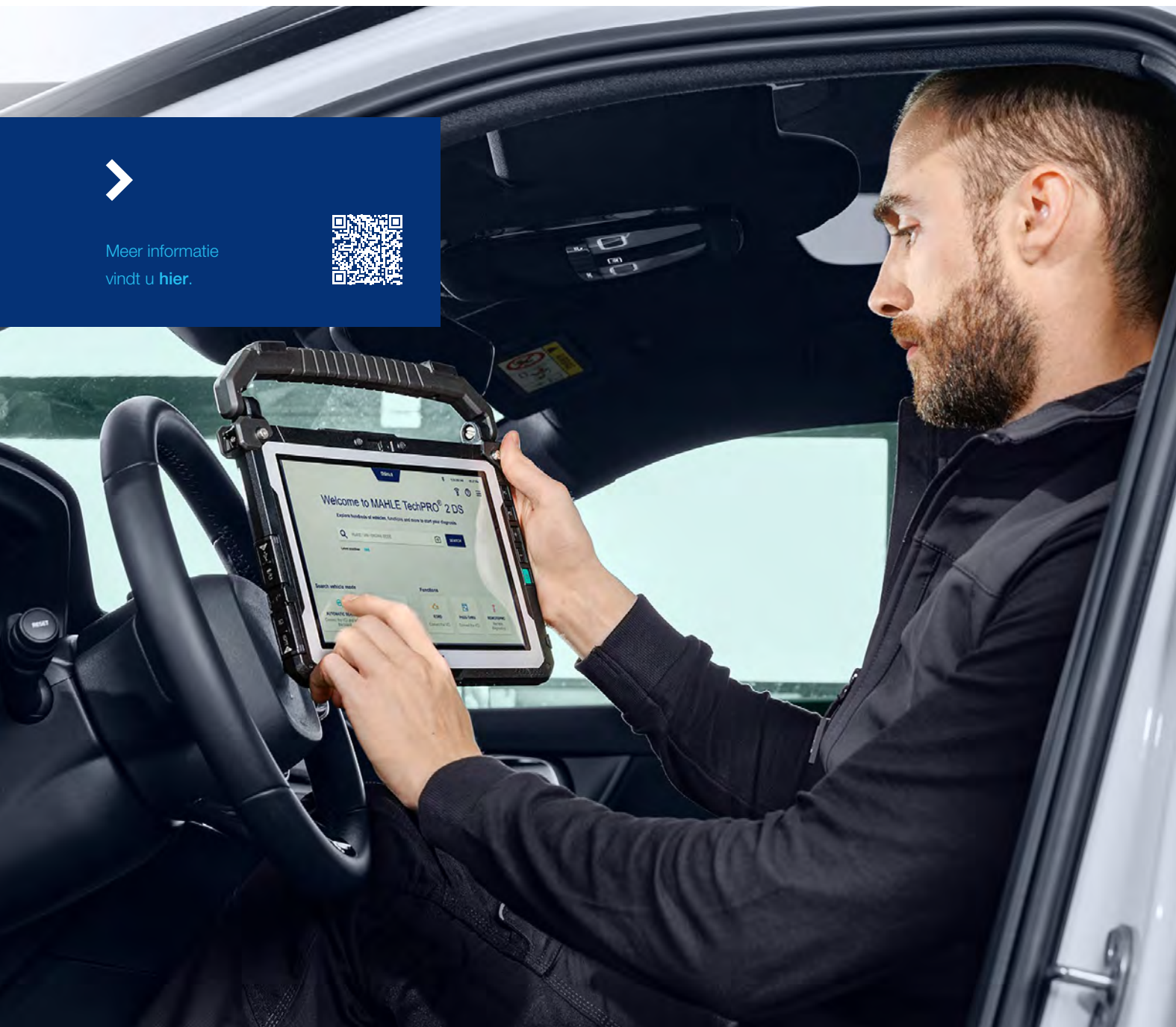
De spoelset bevat speciale filters en accessoires die nodig zijn voor het spoelen. De spoelset kan worden gebruikt met al onze servicestations.



Artikelnummer: 1010350053XX

Diagnose en onderhoud van de aandrijfaccu

Met de toenemende hoeveelheid elektrische en hybridevoertuigen zijn diagnose, onderhoud en het opladen van accu's niet meer weg te denken uit het dagelijkse werk van werkplaatsen. Met zijn BatteryPRO diagnose- en serviceoplossingen behoort MAHLE Lifecycle and Mobility tot de eerste aanbieders ter wereld die onafhankelijke garages in staat stellen om accudiagnoses van elektrische voertuigen uit te voeren, volledig merkonafhankelijk. Op deze manier breidt u uw dienstverlening uit en benut u nieuwe zakelijke mogelijkheden.



Meer informatie
vindt u [hier](#).



E-SCAN

Software voor de diagnose van hoogvoltage-accu's

E-SCAN is een krachtige softwarefunctie op de TechPRO®/Connex diagnoseapparaten en maakt een eerste analyse van de hoogvoltage-accu in elektrische en hybridevoertuigen mogelijk. Met één klik genereert de software een gestandaardiseerd rapport over de status van het accumanagementsysteem. Dit rapport bevat onder meer beslissende gegevens voor het bepalen van de restwaarde van leaseauto's of tweedehandswagens.



E-CHARGE 20

Flexibele oplossing voor snel opladen

E-CHARGE 20 is een mobiele, autonome DC-laadoplossing die is ontworpen om elektrische voertuigen snel en gemakkelijk op te laden. Het apparaat kan flexibel in de werkplaats worden ingezet met behulp van wielen. Om het te gebruiken, sluit u het aan op een driefasig stopcontact van 32 A en plaatst u het naast de elektrische laadaansluiting van het voertuig. U kunt meteen aan de slag!



E-HEALTH Charge

Accudiagnose via de laadstekker

In combinatie met TechPRO® en een intelligent algoritme wordt het laadstation E-CHARGE 20 een waardevol diagnostisch hulpmiddel: E-HEALTH Charge. Terwijl de accu wordt opgeladen, wordt binnen korte tijd een gedetailleerd, merkonafhankelijk rapport opgesteld over de gezondheidstoestand van de hoogvoltage-accu, gebaseerd op de resterende capaciteit. De meting is voertuig- en merkonafhankelijk, wordt aangevuld met gegevens via de OBD-poort, gerelateerd aan eerder geregistreerde accu's van hetzelfde type en vergeleken met de oorspronkelijke capaciteit van het voertuigmodel. En dit alles zonder dat het voertuig verplaatst hoeft te worden.

E-CARE Fluid

Onderhoud van koelcircuits van voertuigaccu's

Hoogvoltage-accu's in elektrische en hybridevoertuigen moeten maximale prestaties garanderen. Om hun gevoeligheid voor temperatuurschommelingen te verminderen, zijn ze uitgerust met een koelcircuit dat passend onderhoud vereist. Als specialist op het gebied van vloeistofmanagement en onderhoud heeft MAHLE Lifecycle and Mobility een speciaal product voor de e-mobiliteitsmarkt ontwikkeld: E-CARE Fluid. Het maakt het voor werkplaatsen mogelijk om de koelmoeistof eenvoudig te legen, te spoelen en te hervullen, evenals lekken op te sporen. Bovendien is het apparaat bruikbaar voor het onderhoud van het koelcircuit in elk voertuig, ongeacht de aandrijving.





MAHLE Insider

MAHLE Aftermarket GmbH
Pragstraße 26–46
70376 Stuttgart, Duitsland
Telefoon: +49 711 501-0

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