

ELECTRISCH VOERTUIG

▼ IN DEZE UITGAVE

INLEIDING

2

KENMERKEN VAN EEN
ELEKTRISCH VOERTUIG

2

EUROPESE
GOEDKEURINGEN EN
VOORSCHRIFTEN

4

ALGEMENE
ARCHITECTUUR
ELEKTRISCH VOERTUIG

5

HOOFDONDERDELEN
VAN HET
AANDRIJFSYSTEEM

6

REGENERATIEF
REMSYSTEEM

15

KLIMAATREGELINGS-
SYSTEEM

17

ONDERHOUD

19

INLEIDING

Door de jaren heen heeft de autosector veel technologische vooruitgang geboekt, maar de lancering van elektrische voertuigen is ongetwijfeld een van de belangrijkste innovaties geweest.

De eerste generaties van elektrische voertuigen werden in 1839 gebouwd door Robert Anderson. Elektrische energie werd opgeslagen in niet-oplaadbare batterijen. Dankzij de uitvinding van oplaadbare batterijen in 1880 ging de massaproductie van elektrische voertuigen nog voor de massaproductie van voertuigen met verbrandingsmotor van start.

In 1899 werd het snelheidsrecord verbroken door de elektrische wagen "La Jamais Contente" (in het Nederlands: "de nooit tevredene"), dat een snelheid behaalde van 105 km/u dankzij de NiFe-batterijen van Thomas Edison. Op het hoogtepunt was 90% van alle verkochte voertuigen elektrisch.

De productie van deze voertuigen werd echter stopgezet omdat het bereik en de prestaties relatief beperkt waren. Anderzijds evolueerden voertuigen met verbrandingsmotor sneller, voornamelijk als gevolg van de ontwikke-

ling van motoren voor de luchtvaart.

Dankzij de ontwikkeling van IGBT-transistors en batterijen met een grotere capaciteit staan vele fabrikanten tegenwoordig onder steeds grotere druk om te investeren in elektrische voertuigen. Het hoofddoel is efficiënter energieverbruik en bijgevolg ook minder uitstoot door fossiele brandstoffen.

Op korte termijn zullen elektrische wagens door de oplaadinfrastructuur voor batterijen auto's met interne verbrandingsmotor nog niet meteen vervangen. Bovendien zijn veel modellen beperkt door de levensduur en de oplaadtijd van de batterijen. Deze factoren remmen het gebruik ervan af.

Vandaag rijden de meeste elektrische voertuigen echter minder dan 60 km per dag, vooral in stedelijke gebieden. Deze afstanden kunnen de meeste elektrische voertuigen zonder enig probleem afleggen.

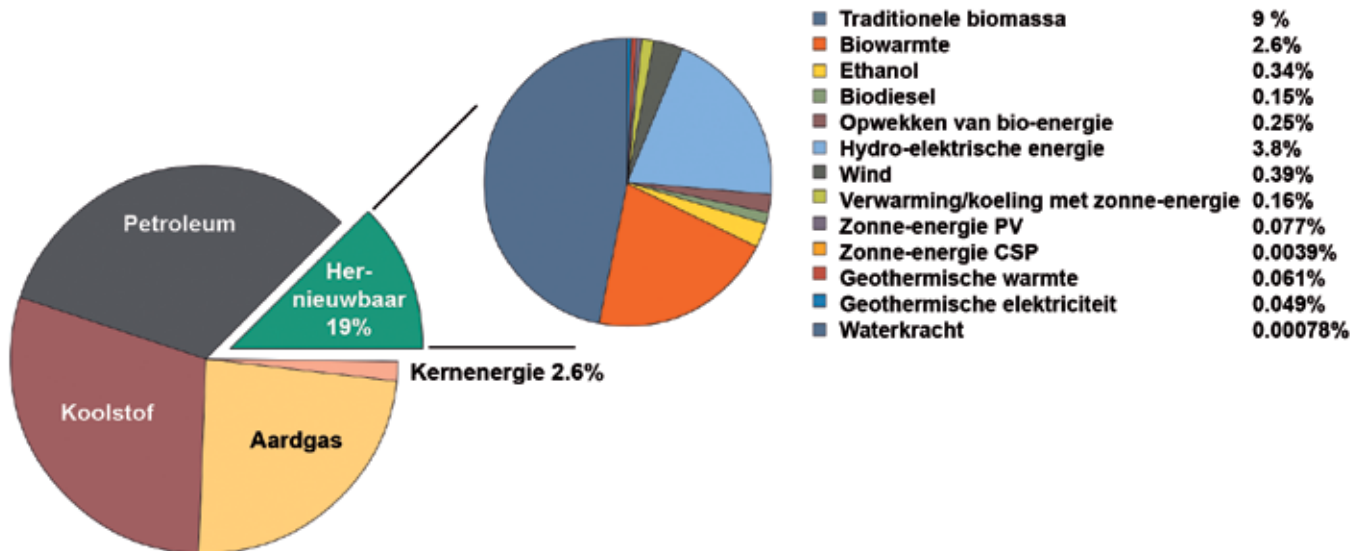
Bovendien garanderen de ontwikkeling van snellere oplaadsystemen (via gelijkstroom) en nieuwe generaties van oplaadbare lithium-ionbatterijen een veelbelovende toekomst voor elektrische voertuigen.

KENMERKEN VAN EEN ELEKTRISCH VOERTUIG

Energievoorziening

Ongeacht het welzijnsniveau kan de huidige maatschappij niet functioneren of overleven zonder voldoende, regelmatige energievoorziening, wat betekent dat de volledige energiecyclus (opwekking, verwerking en levering) een aanzienlijk deel van de wereldeconomie vormt.

In de volgende tabel uit 2013 wordt het energieverbruik ingedeeld volgens de bron op globaal niveau. Sommige van de gekende energiebronnen zijn meer vervuילend en goedkoper dan andere.

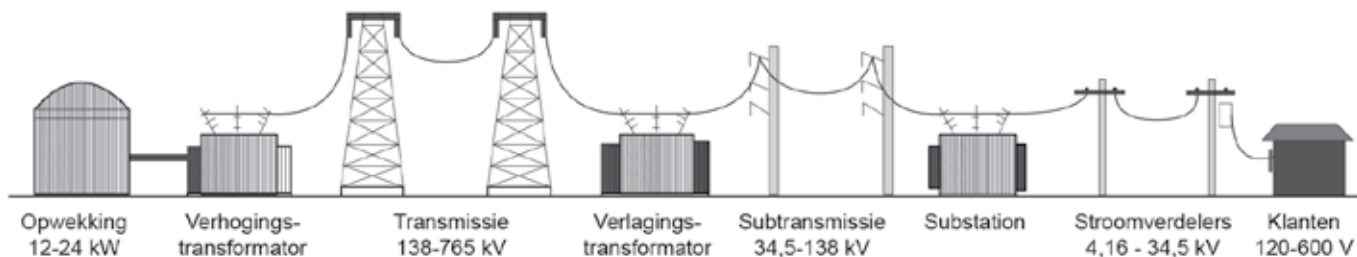


Om elektrische energie duurzaam te maken, mag ze niet afkomstig zijn van kernsplijtingsinstallaties of -centrales, maar van hernieuwbare energiebronnen en de kernfusiecentrales van de toekomst.

Bovendien voorspellen de prognoses van de toekomstige vraag een stijging die de duurzaamheid van het huidige energiesysteem in gevaar kan brengen. Daarom worden pogingen ondernomen om hernieuwbare energie te ontwikkelen en de efficiëntie van elektriciteitsdistributie te verbeteren.

Om elektrische voertuigen op grote schaal beschikbaar te maken, moet het huidige energiesysteem afhankelijk van het land grondig worden aangepast, vanaf de productie tot de laatste stap in de distributieketen.

Als gevolg moet een groot deel van de energie worden verbruikt op de plaats waar die energie wordt opgewekt.



Energie-efficiëntie

Als de prestaties van een voertuig met verbrandingsmotor worden geanalyseerd van de brandstoftank tot de wielen, en de prestaties van een bestaand elektrisch voertuig worden geanalyseerd vanaf de batterijen tot

de wielen, zien we dat de prestaties van een elektrische wagen veel beter zijn dan die van een verbrandingsmotor (diesel met Start-Stop, Euro V, regeneratief remmen en andere verbeteringen van de efficiëntie).



83%

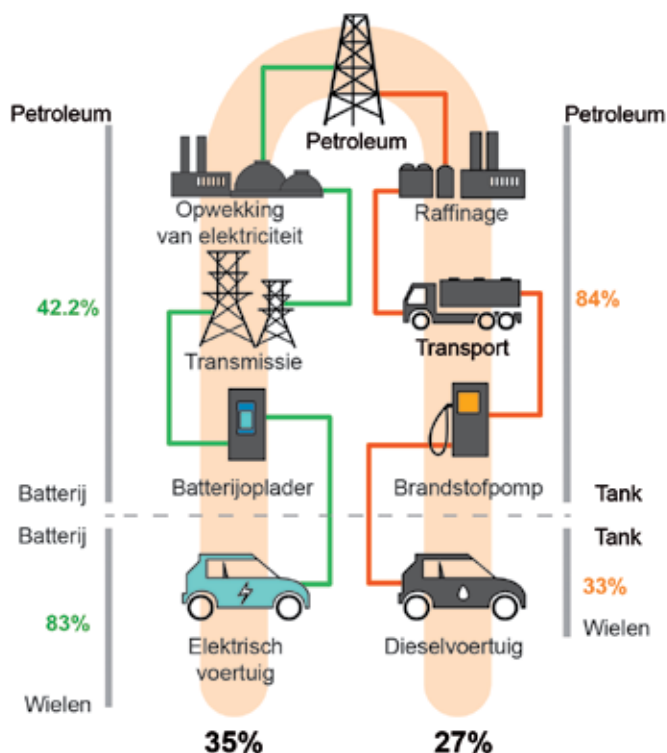


33%

Op basis van de vergelijking van het opwekken van energie uit petroleum, rekening houdend met de analyse vanaf de olieput tot de wielen, is de efficiëntie van het elektrische voertuig niet veel beter dan die van een dieselvoertuig.

Bijgevolg mag de elektrische energie niet van koolwaterstoffen worden afgeleid.

Bovendien moet deze energie, voor zover mogelijk, op het punt van verbruik worden opgewekt.



Impact op het milieu

Het belangrijkste voordeel van een elektrisch voertuig is dat het geen verontreinigende gassen uitstoot, waar het ook wordt gebruikt. Uit studies blijkt dat, indien 1.000 elektrische voertuigen in een stad worden gebruikt, jaarlijks 30.000 kg verontreinigende gassen en meer dan twee ton CO₂ minder worden uitgestoten.

Nog een belangrijk voordeel van elektrische voertuigen is dat ze nage-

noeg geen geluid maken; elektromotoren genereren slechts een paar decibel. Rijden in een stil voertuig zonder trillingen van de verbrandingsmotor is een waardevolle troef.

Anderzijds houdt de afwezigheid van geluid risico's in voor de veiligheid van voetgangers of fietsers op de weg doordat ze het voertuig niet horen aankomen.

EUROPESE GOEDKEURINGEN EN VOORSCHRIFTEN

Op de openbare weg moet een elektrisch voertuig voldoen aan een aantal goedkeuringsvoorschriften, vooral wat de veiligheid en het milieu betreft, waarvoor specifieke eisen zijn opgesteld.

In Europa is er **ECE-reglement 100**, met de specifieke eisen voor elektrische voertuigen wat de productie en de operationele veiligheid ervan betreft. Op 4 december 2010 werd de wijzigingenreeks 01 van dit reglement van kracht en twee jaar later werd het reglement bindend.

ECE-reglement 100.00: Geldt alleen voor elektrische voertuigen en niet voor hybride voertuigen of voertuigen van de categorie M en N met maximumsnelheden van meer dan 25 km/u. In dit reglement staan de constructie-eisen (bescherming tegen elektrisch contact en isolatie- en belastingsweerstand), de operationele eisen en de eisen voor waterstofemissies.

ECE-reglement 100.01: Is de evolutie van het voorgaande reglement. Dit reglement omvat hybride voertuigen binnen de reikwijdte van de toepassing. Andere items van het reglement zijn toegevoegd of gewijzigd, zoals de nieuwe definitie van hoogspanning die tussen 60 V en 1500 V bij gelijkstroom en tussen 30 V en 1000 V bij wisselstroom ligt. Wat de veiligheid betreft zijn er bijvoorbeeld eisen voor de stekkers, moet de isolatie van de hoogspanningskabel in het oranje worden gemarkeerd en zijn de meetprocedures om gelijkstroom- en wisselstroomcircuits te scheiden, gewijzigd.

Hieronder staan andere algemene artikels die specifiek van invloed zijn op elektrische voertuigen:

- **R10:** Definieert de **elektromagnetische compatibiliteit** van de voertuigen voor emissies van elektromagnetische golven en immuniteit ten opzichte van deze golven.
- **R13 en R13H:** Gaat over **remsystemen voor passagiers- en commerciële voertuigen**, waarbij ook rekening wordt gehouden met het regeneratief remsysteem van elektrische voertuigen.
- **R79:** Gaat over **besturingssystemen**, definieert de constructie-eigenschappen, de maximale krachten op deze mechanismes en

andere voorschriften voor de elektronische regelsystemen van het voertuig.

- **R85:** Gaat over het **vermogen van de motoren**. In een van de bijlagen staat de berekening van het vermogen van de elektrische aandrijfmotoren bij een netto-vermogenstest en een andere bij maximaal vermogen gedurende 30 minuten.
- **R94 en R95:** Gaat over de bescherming van de inzittenden in een frontale of achterwaartse botsing in een voertuig.
- **R101:** Gaat over de **CO₂-emissies** en het **verbruik** van brandstof in een verbrandings- of hybride motor, en het verbruik en bereik van elektrische voertuigen.

Richtlijn 2000/53 bepaalt het einde van de levensduur van een voertuig en **Richtlijn 2005/64** bepaalt de goedkeuring van een voertuig en de geschiktheid voor hergebruik, recycling en de waarde ervan. Voor een elektrisch voertuig zijn deze voorschriften belangrijk, aangezien de voertuigen moeten worden ontworpen en geproduceerd rekening houdend met de ecologische impact van de batterijen, wat de productie, het gebruik en de recycling ervan betreft.

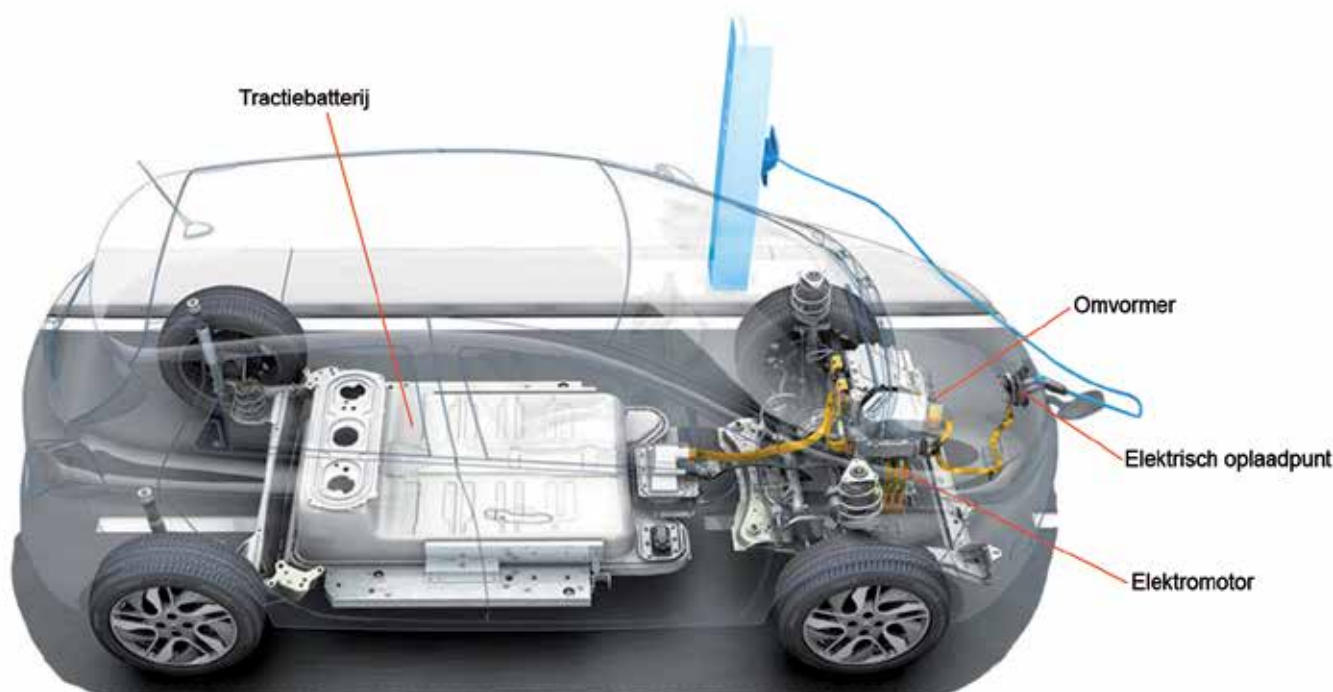
Buiten Europa gelden **andere specifieke voorschriften** voor elektrische voertuigen, zoals de "Federal Motor Vehicle Safety Standards" in de Verenigde Staten en "Bijlage 110 & 111" in Japan. Deze grootmachten zijn pioniers in het ontwerp en de productie van dergelijke voertuigen.

Op Europees niveau geeft elke producent zijn operatoren opleiding om hoogspanningswerkzaamheden aan elektrische voertuigen uit te voeren. De Europese voorschriften voor hoogspanningswerkzaamheden zijn **EN 50110-1 en 50110-2**. Ze omvatten een aantal onderdelen zoals **Richtlijn 89/391/EEG**, die verwijst naar de uitvoering van maatregelen ter bevordering van de verbetering van de gezondheid en de veiligheid van de werknemers.

ALGEMENE ARCHITECTUUR ELEKTRISCH VOERTUIG

In de meeste elektrische voertuigen wordt gebruikgemaakt van soortgelijke componenten voor de werking ervan. Hieronder ziet u de be-

langrijkste elektrische componenten in een Renault ZOE.



Type netwerk

Als vuistregel bestaat een elektrisch voertuig uit een 12V-netwerk, een groep multiplexnetwerken voor communicatie tussen de verschillende regeleenheden en een hoogspanningsnetwerk tussen 150 en 400 volt.

12V-netwerk: Dit netwerk werkt op dezelfde manier als in een conventioneel voertuig. Het wordt gebruikt in alle veiligheidssystemen (zowel actieve als passieve), om de 12V-batterij op te laden, verlichting, comfort, stroom voor elektronica enz.

Multiplexnetwerken: Alle systemen in een elektrisch voertuig, inclusief het beheersysteem voor hoogspanning, worden geregeld door regeleenheden die met elkaar moeten communiceren. Net zoals in een conventioneel voertuig gebeurt de communicatie tussen de eenheden via een multiplexsysteem.

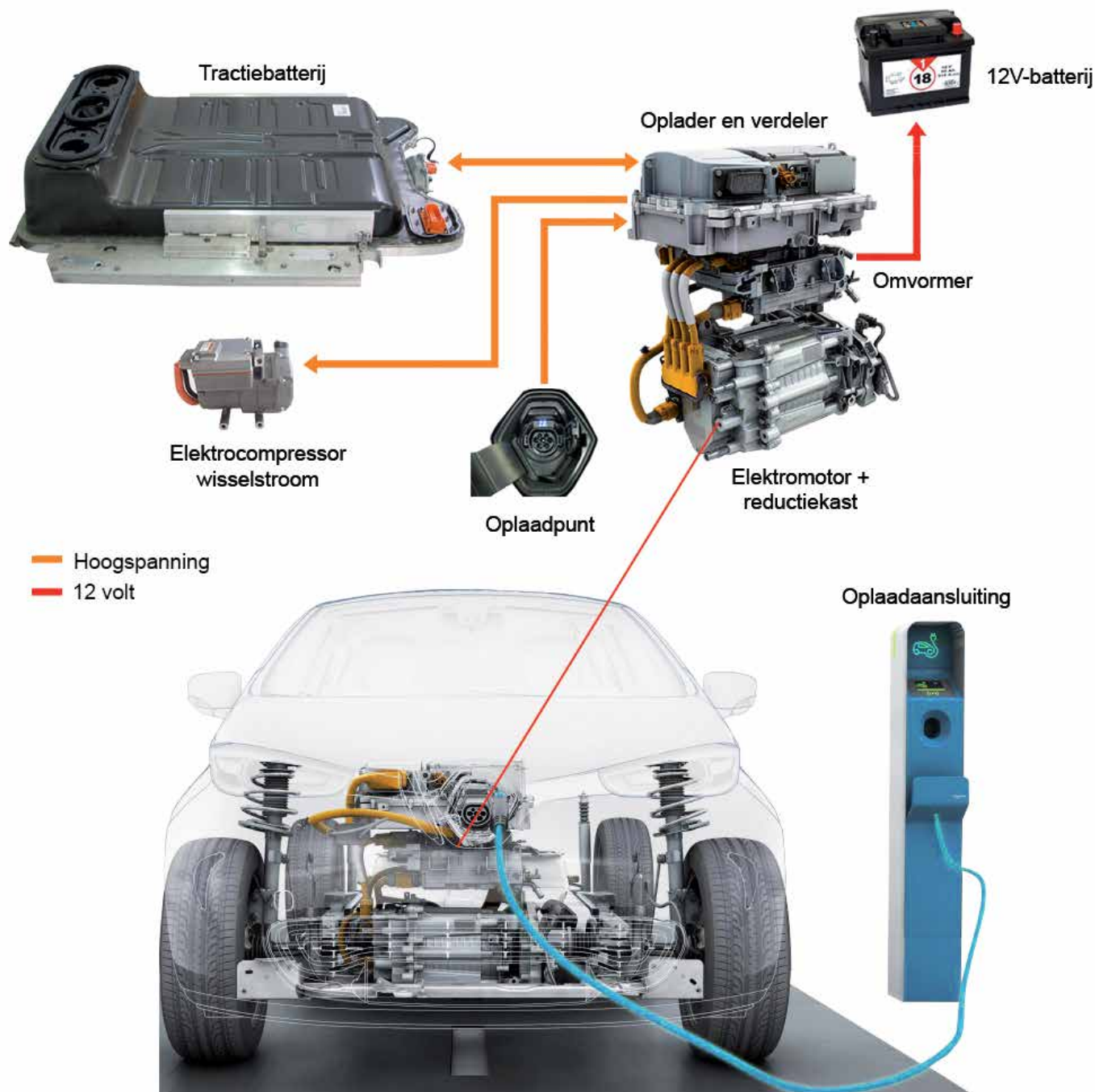
Hoogspanningsnetwerk: Om een elektrisch aandrijfsysteem te beheren, is een specifieke groep componenten vereist. Dat zijn doorgaans: een elektrisch oplaadpunt, een tractiebatterij, een omvormer en een remsysteem dat regeneratief elektrisch remmen combineert met mechanisch remmen. Het omvat ook een systeem voor klimaatregeling, zowel voor de tractiebatterij als voor het interieur. De overige componenten van het voertuig lijken op de componenten in een conventioneel voertuig.

Algemene werking van het elektrische aandrijfsysteem

Deze voertuigen worden aangedreven door elektrische stroom van het stroomnet, door een snellaadstation in de stad en door regeneratief remmen.

Het vermogen dat door het elektrische aandrijfsysteem wordt gebruikt, wordt opgeslagen in een batterij met grote capaciteit, een tractiebat-

terij. De batterij levert gelijkstroom naar de omvormer via de stroomverdeler, waar deze stroom wordt omgezet in wisselstroom. Deze wisselstroom gaat naar de elektromotor, waar een draai beweging wordt gegenereerd. De draai beweging wordt omgevormd in een reductiekast, waardoor de aandrijfwielen beginnen te draaien.



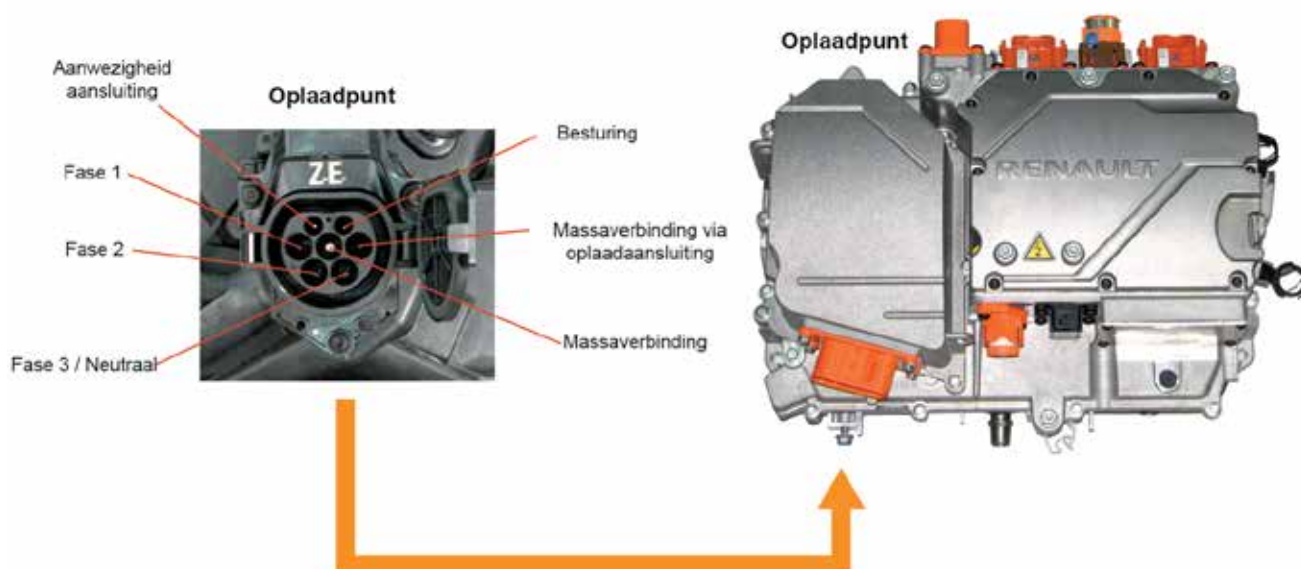
HOOFDONDERDELEN VAN HET AANDRIJFSYSTEEM

Elektrisch oplaadpunt en oplader

Bij de aankoop van een elektrisch voertuig is een oplaadaansluiting vereist, waarop het voertuig kan worden aangesloten en de batterij kan worden opgeladen. De aansluiting met het voertuig gebeurt via een oplaadpunt, dat verschillende stroom kan ontvangen voor enkelfasig of driefasig opladen.

Het stroomnet maakt gebruik van wisselstroom. Door de aard van deze stroom, kan deze niet worden opgeslagen in een batterij. De stroom die wordt opgeslagen in een batterij en wordt geleverd door een batterij, is

steeds gelijkstroom. Er is dus een omvormer nodig om de wisselstroom van het stroomnet om te vormen naar de gelijkstroom van de batterij. Voor meer comfort en om rechtstreeks te kunnen aansluiten op 220 V, kiezen de meeste fabrikanten ervoor een oplader bij het voertuig zelf te leveren. Deze oplader regelt het oplaadproces en vormt de wisselstroom om naar gelijkstroom waarmee de tractiebatterij kan werken. Bovendien wordt communicatie tot stand gebracht tussen deze oplader en de oplaadaansluiting.



Het nadeel van deze opladers is dat ze veel ruimte in beslag nemen en het voertuig zwaarder maken.

Manieren van opladen

Elk type batterij moet op een specifieke manier worden opgeladen. Dit houdt in dat er veel soorten opladers op de markt zijn. De fabrikant kan vertellen welke oplader het meest geschikt is.

Hoe meer elektrisch vermogen beschikbaar is, hoe sneller de batterij kan worden opgeladen. Afhankelijk van het beschikbare vermogen en het type elektrische stroom zijn er drie manieren van opladen:

- **Conventioneel opladen:** Gebruikt de intensiteit en conventionele elektrische spanning van een huis met enkelfasige stroom (afhankelijk van het gecontracteerde vermogen: 3,7-11 kW, 230 volt).

- **Halfsnel opladen:** Wordt gebruikt in oplaadaansluitingen in steden en garages die doorgaans gebruikmaken van driefasige wisselstroom. Levert een hoger vermogen op dan het stroomnet, waardoor de oplaadtijd aanzienlijk korter wordt (1 uur).
- **Snel opladen:** Snellere opladers werken met stroom van 125 amp en spanning van 500 volt, voor een uitgangsvermogen van circa 60 kW. Gebruik deze manier van opladen om het bereik uit te breiden of voor tussentijds opladen. De oplaadtijd van de batterij wordt veel korter in vergelijking met andere manieren van opladen.

Laadprotocollen en -aansluitingen

Fabrikanten van elektrische voertuigen hebben hun eigen communicatieprotocollen opgesteld, die deel uitmaken van de oplaadprocedures van de batterijen. Deze protocollen rapporteren over de batterijstatus, het oplaadniveau, beveiliging tijdens het opladen en de oplaadprocedure zelf. Door incompatibiliteit tussen verschillende protocollen

en aansluitingen, zowel wat de communicatie als de constructie van de aansluiting betreft, proberen fabrikanten hun oplaadsystemen met enige moeite te standaardiseren.

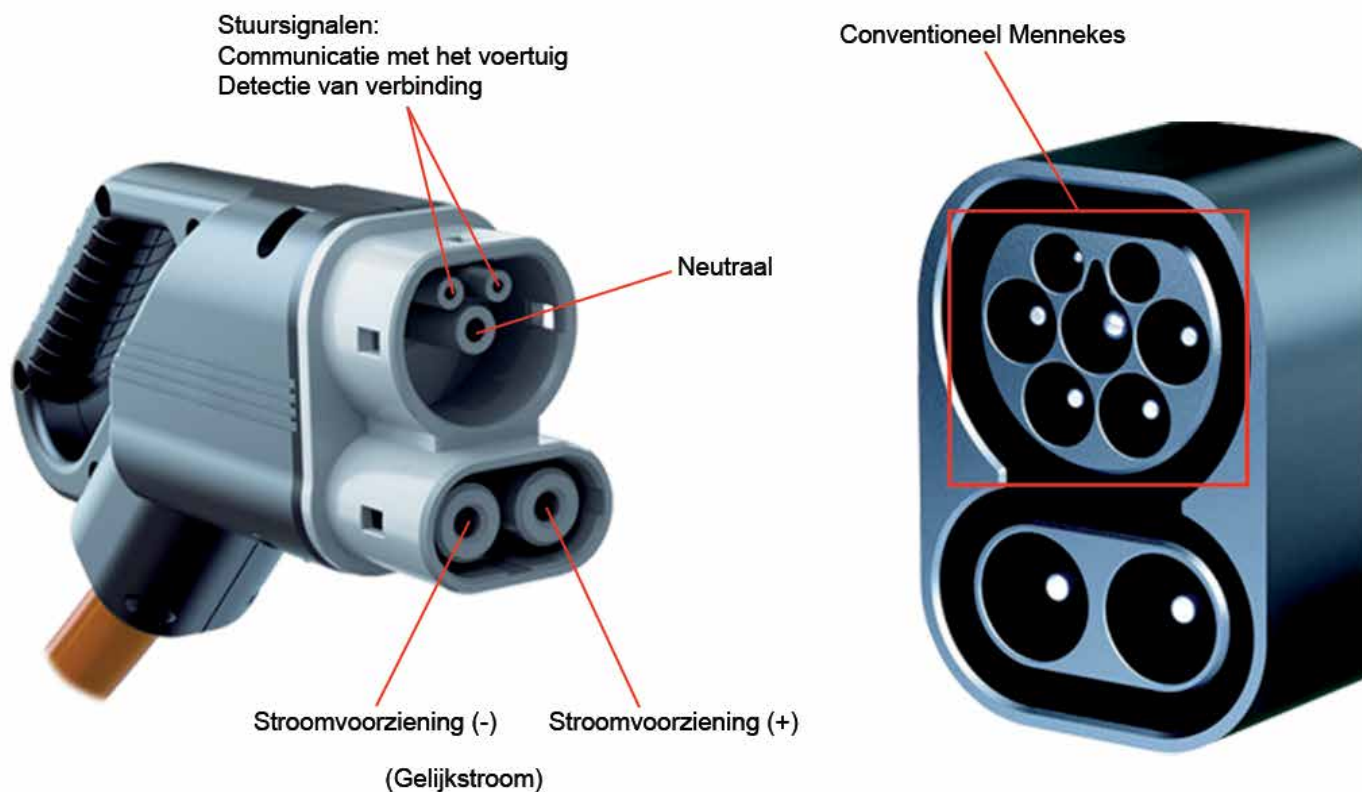
Afhankelijk van de verschillende markten zijn er diverse gestandaardiseerde oplaadprotocollen:

- **Mennekes-aansluiting:** Dit is de standaardaansluiting in Europa, gebaseerd op de internationale norm IEC 62196 (Internationale Elektrotechnische Commissie).



Wisselstroom	Enkel- en driefasig tot 16-63 A
Spanning	100-500 V
Spanning	Tot 43.8 kW
Communicatie-protocol	PLC (Power Line Communications)

Er is een gemengde Mennekes-variant voor opladen met gelijkstroom. Dit is **Mennekes CCS** (gecombineerd laadsysteem), dat twee extra pennen heeft voor + en - gelijkstroom. Hiermee kan snel worden opgeladen met een vermogen tot **100 kW**.

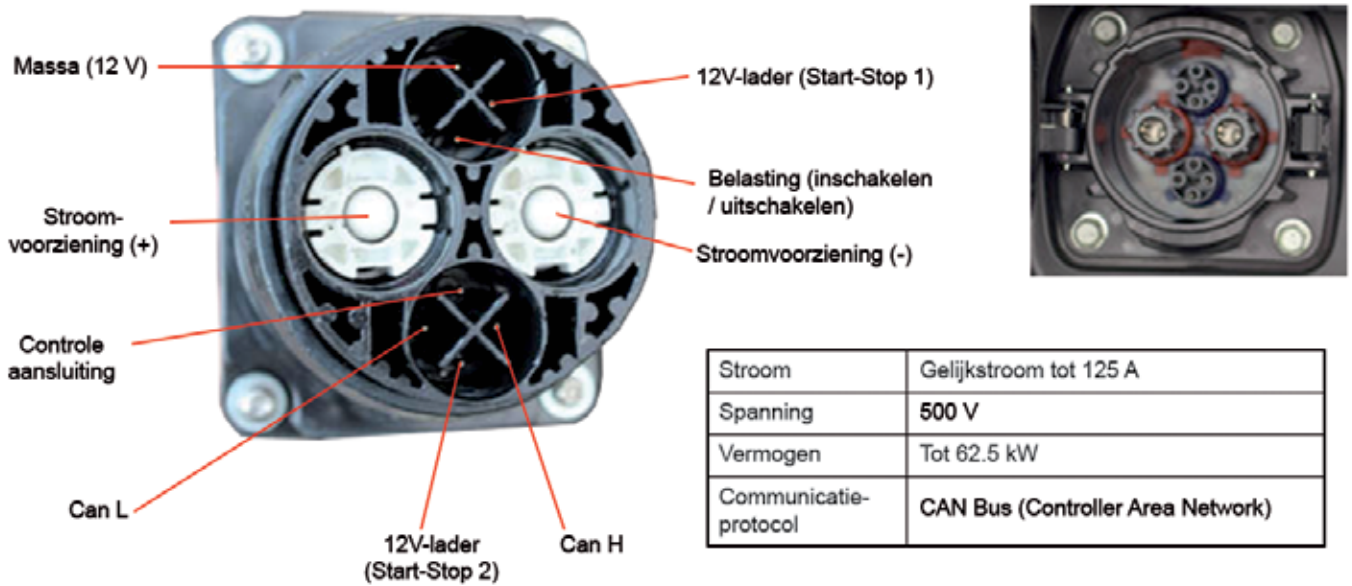


- **SAE J1772 of Yazaki:** Dit is ontwikkeld in de V.S. Alleen voor de Amerikaanse norm.



Er is een gemengde SAE J1772-variant voor opladen met gelijkstroom. Dit is **SAE CCS** (gecombineerd koppelingssysteem), dat twee extra pennen heeft voor + en - gelijkstroom. Hiermee kan snel worden opgeladen met een vermogen tot **90 kW**.

- **CHAdEMO-aansluiting:** CHArge de MOve (opladen om te bewegen) komt van het Japans voor “laten we koffie drinken”. Dit is de Japanse norm voor snel opladen. Deze is uitsluitend ontworpen voor gelijkstroom en het vergrendelsysteem is handmatig.



Door het uitgebreide assortiment van aansluitingen kiezen sommige fabrikanten ervoor hun voertuigen te voorzien van meer dan één type aansluiting (één voor conventioneel opladen thuis en één voor snel opladen).



Tractie batterij

Dit element slaat energie op in chemische vorm. Indien aangesloten op een elektrisch circuit, wordt deze energie omgezet in elektrische energie om werkzaamheden uit te voeren. De tractiebatterij bevindt zich doorgaans onder de vloer van het voertuig, wat helpt om het gewicht te verdelen tussen de voor- en achterzijde van het voertuig en een laag lastzwaartepunt te creëren. Dit zorgt voor optimale tractie en geeft het voertuig uitstekende stabiliteit.

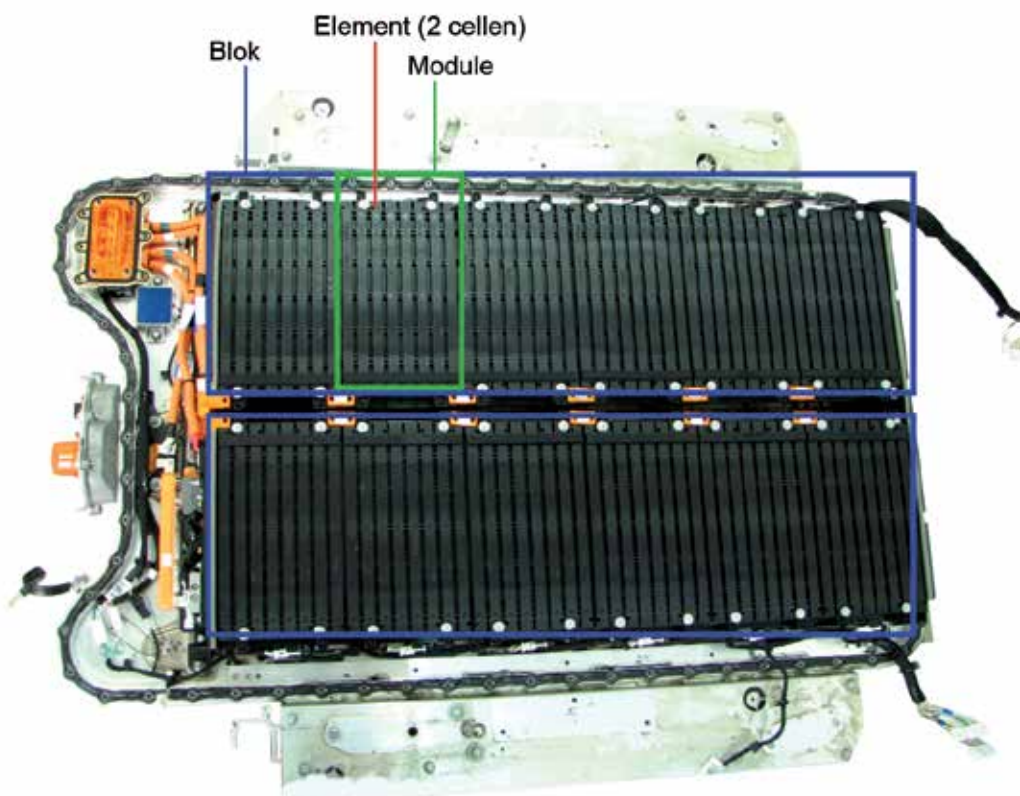
Er zijn verschillende types: het belangrijkste verschil tussen de batterijen en het vermogen en de spanning die ze leveren, is in principe het productiemateriaal van de positieve en negatieve elektrodes. De meest gebruikte batterijen zijn:

Type batterij	Lood-zuur	Nikkel-cadmium	Nikkel-metaal-hydride	Natrium-nikkel (Zebra)	Lithium-ion
Materiaal van de negatieve elektrode	Lood	Cadmium	Metaalhydride	Natrium	Grafiet, nitride en lithiumlegeringen
Materiaal van de positieve elektrode	Lood-oxide	Nikkel-hydroxide	Nikkel-hydroxide	Nikkel	Lithiumkobaltoxide, vanadiumoxide ...
Elektrolyt	Zwavel-zuur	Kalium-hydroxide	Kalium-hydroxide	Natrium-nikkel-chloride	Organisch oplosmiddel + lithiumzout
Energie/gewicht (Gew/kg)	30 - 50	48 - 80	60 - 120	120	110 - 160
Spanning per element (V)	2	1.25	1.25	2.6	3.70
Duur (oplaad-/ontladings-cycli)	1000	500	1000	1000-2000	4000
Oplaaftijd (u)	8 - 16	10 - 14	2 - 4	-	2 - 4
Automatische ontleding per maand (% van totaal)	5	30	20	-	25
Oplaaidefficiëntie	82.5	72.5	70	92.5	90

Lithium-ionbatterijen zijn de recentste batterijen. Dankzij het gebruik van nieuwe materialen zoals lithium zijn een hoge energiedichtheid en hoge efficiëntie mogelijk, werd het geheugeneffect geëlimineerd, is er geen onderhoud meer nodig en is recycling eenvoudiger geworden.

Dit soort batterij bestaat uit een groot aantal cellen die gegroepeerd

zijn in modules en opgesplitst in blokken. De volgende afbeelding is een voorbeeld van een tractiebatterij met 192 cellen, opgesplitst in 96 elementen en in serie verbonden. Deze specifieke batterij heeft een nominale spanning van 360 V en kan werken bij een maximumspanning van 400 volt. De energiec capaciteit is circa 22 kWh en het voertuig heeft een bereik van zo'n 150 km.



Opmerking: Sommige meer geavanceerde voertuigen zoals de Tesla Model S hebben een batterij met meer dan 8.000 cellen. Deze batterijen bieden een capaciteit van 100 kWh en een bereik van meer dan 500 km tussen oplaadbeurten.

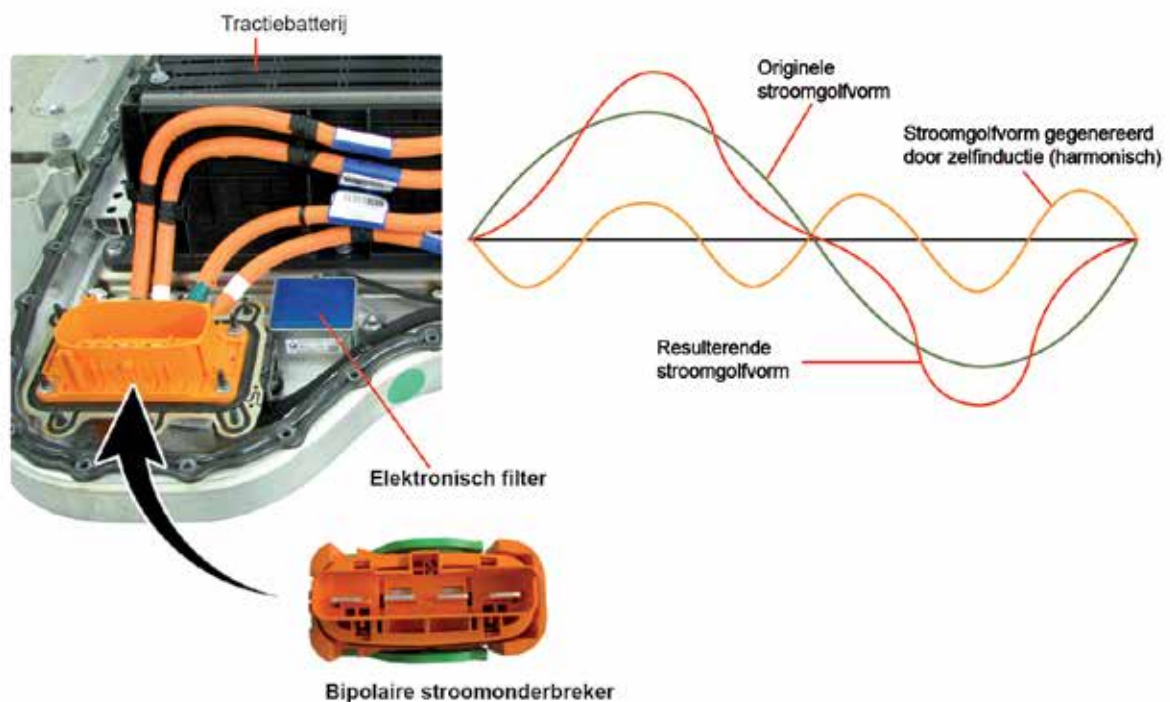
Voor nog meer energie-efficiëntie hebben deze batterijen een autonoom koelsysteem dat de cellen op de optimale bedrijfstemperatuur houdt. In dit geval wordt koelvloeistof voor airconditioning gebruikt, dat de luchtstroom door alle batterijmodules afkoelt via een verdamer en een ventilator.

De oplaad- en ontladingsspanningen per cel in deze tractiebatterijen moeten worden opgenomen in de limieten die zijn vastgelegd door de fabrikant. Dit gebeurt door een elektronisch beheersysteem in te bou-

wen, dat de oplaad-/ontladingscycli en de juiste werking ervan bewaakt en in evenwicht brengt. Voor dit beheersysteem zijn componenten nodig zoals temperatuursensoren, stroomsensoren, zekeringen, weerstanden enz.

Voor de veiligheid is een bipolaire stroomonderbreker ingebouwd in deze batterijen, waarmee de positieve en de negatieve pool van de tractiebatterij kunnen worden losgekoppeld van de rest van de voertuiginstallatie. Dit veiligheidssysteem voorkomt gevaarlijke stroom in de rest van de bedrading en hoogspanningscomponenten.

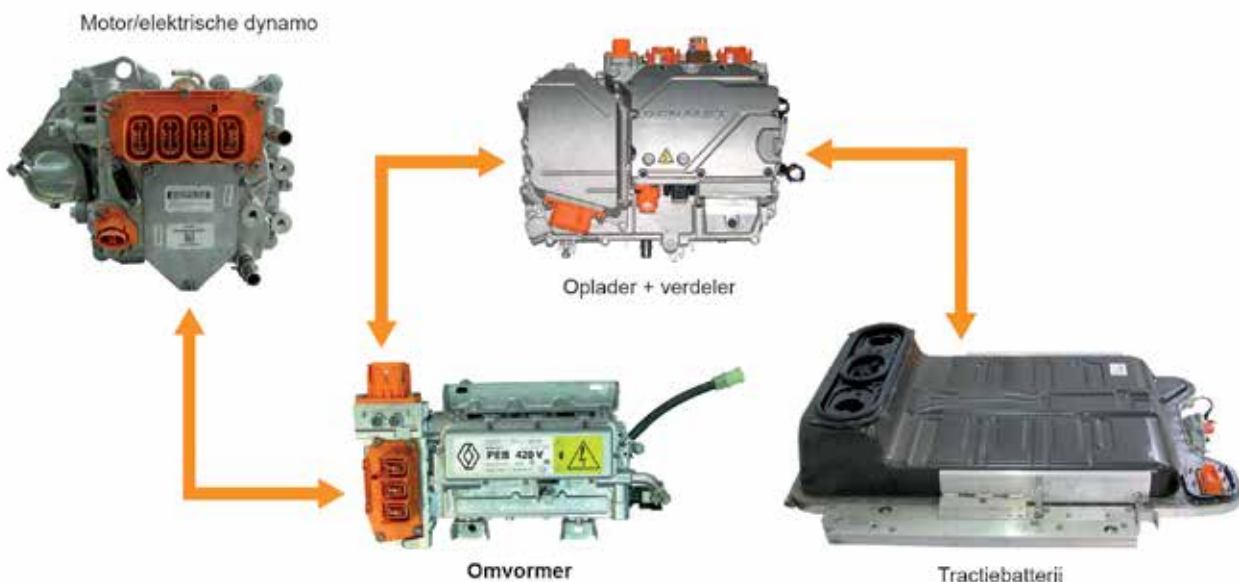
Nog een noodzakelijk onderdeel om de duurzaamheid en de correcte werking van de tractiebatterij te garanderen, is een elektronisch filter dat is aangesloten op de negatieve pool. Dit filter absorbeert de inkomende en uitgaande harmonischen in de stroom.



Omvormer

Deze zet de gelijkstroom van de tractiebatterij om in driefasige wisselstroom, zodat de performante motor kan werken. Bovendien zet de omvormer bij het vertragen de door de motor gegenereerde

elektrische energie om in gelijkstroom die wordt opgeslagen in de batterij.



De communicatie tussen de omvormer en de elektromotor gebeurt via speciale bedrading. Alle hoogspanningskabels zijn afgeschermd om parasitaire stroom zo veel mogelijk te voorkomen.

Op zijn beurt beheert de omvormer het inschakelen van de fasen van de stator op basis van de rotorpositie, de gevraagde stroom,

het regeneratief remmen en het feit of het voertuig al dan niet voor- of achteruit rijdt.

Bovendien reduceert de omvormer de spanning van de tractiebat- terij tot laagspanning voor de 12V-stroomverbruikers, ook om een kleine 12V-batterij op te laden.

Belangrijk: Gebruik het 12V-systeem in deze elektrische voertuigen niet om een ander conventioneel voertuig te starten. Het elektrische vermogen dat wordt geleverd door het laagspannings- systeem is niet ontworpen om het vereiste stroomverbruik voor de startmotor van een voertuig met interne verbrandingsmotor te ondersteunen.

Om te voorkomen dat de componenten van de aandrijving over- verhit raken (omvormer, oplader, elektromotor, reductiekast enz.), wordt een waterkoelsysteem geïnstalleerd. De temperatuur in dit koelsysteem schommelt rond 50 °C. Indien een temperatuursen- sor wordt gebruikt, is er geen thermostaat nodig.

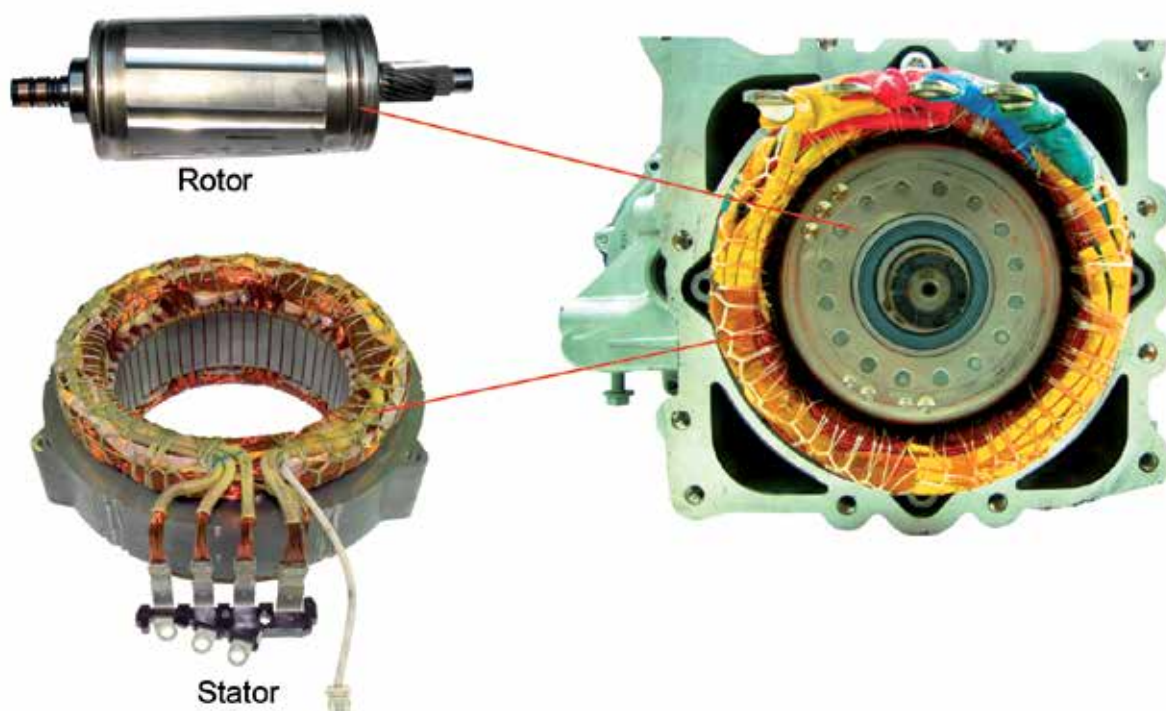
Elektrische aandrijfmotor + reductiekast

De aandrijfmotor is een belangrijk onderdeel in de architectuur van elektrische voertuigen. Deze motor zet elektrische energie om in me- chanische energie, die wordt toegepast op de wielen.

Het principe van een elektromotor bestaat erin dat een magnetisch veld wordt opgewekt door een stator, die inwerkt op het magnetisch veld dat wordt opgewekt in de rotor. Deze interactie of “botsing” tussen beide velden doet de as van de elektromotor draaien. Deze motoren kunnen ook werken als dynamo wanneer het voertuig vertraagt, waarbij ze wis-

selstroom leveren die vervolgens wordt omgezet in gelijkstroom (in de omvormer) en wordt opgeslagen in de batterij.

Een van de belangrijkste componenten van deze toestellen is de stator, die niet beweegt, waarin inductiespoelen zitten en die de koperen wik- kelingen vormt die te zien zijn in de afbeelding. Een ander onderdeel is de rotor, de magnetische kern die, tijdens het draaien, beweging over- brengt naar de reductiekast.



Motortype

Elektromotoren kunnen in principe ingedeeld worden in twee types: synchroon en asynchroon. Het verschil tussen beide types is de manier waarop ze werken.

In synchrone motoren is de draaisnelheid van de rotor even groot als de draaisnelheid van het magnetisch veld van de stator. In asynchrone

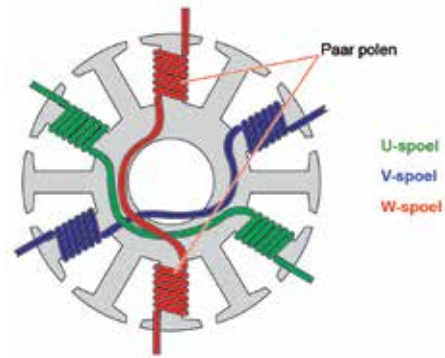
of inductiemotoren is de draaisnelheid van de rotor echter altijd lager dan de draaisnelheid van het magnetisch veld van de stator.

De Renault ZOE en de Nissan Leaf maken bijvoorbeeld gebruik van synchrone motoren en de Tesla maakt gebruik van asynchrone mo- toren.

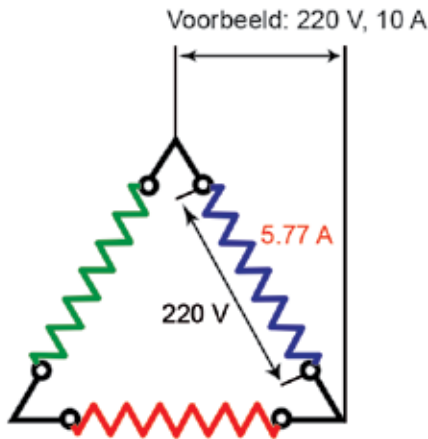
De stator

Dit onderdeel is nagenoeg hetzelfde in synchrone en asynchrone motoren. De stator is doorgaans driefasig en bestaat uit drie spoelen die gelijkmatig verdeeld zijn in de behuizing. De naam van de spoelen is meestal U, V en W.

Afhankelijk van hoe de spoelen verdeeld zijn in de behuizing, kan een groter of kleiner aantal magnetische polen worden verkregen.

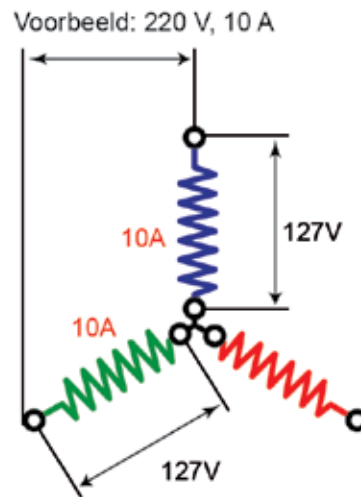


-Aansluiting in delta-



$$I \text{ fase} = \frac{I\text{-lijn}}{\sqrt{3}} \quad V \text{ fase} = V \text{ lijn}$$

-Aansluiting in stervorm-



$$V \text{ fase} = \frac{V \text{ lijn}}{\sqrt{3}} \quad I \text{ fase} = I \text{ lijn}$$

Deze spoelen kunnen worden aangesloten in stervorm (alle spoelaansluitingen aangesloten op een gemeenschappelijk punt) of in delta (aansluiting aan het einde van elke fase in serie volgens het principe dat het systeem gevoed wordt via de aansluitpunten). In de volgende afbeelding ziet u deze twee soorten aansluitingen die, bij 220 V bij 10 A, verschillende intensiteit en spanning genereren.

Het draaivermogen van een in stervorm of delta aangesloten motor is hetzelfde. Wanneer de fasen echter in delta zijn aangesloten, zijn de

intensiteit en het motorkoppel lager dan bij in stervorm aangesloten fasen, terwijl de draaisnelheid en de spanning hoger zijn. Wanneer de fasen anderzijds stervormig zijn aangesloten, zijn de snelheid en de spanning lager dan bij een opstelling in delta, terwijl de intensiteit en het motorkoppel hoger zijn. De motoren die in elektrische voertuigen worden gebruikt, zijn daarom doorgaans in stervorm aangesloten, voor een maximaal motorkoppel.

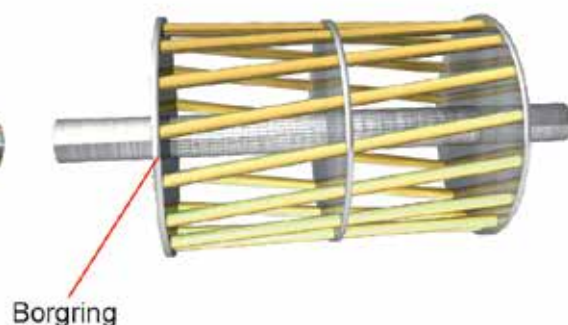
De rotor

Afhankelijk van het feit of de motor synchroon of asynchroon is, heeft deze motor één of twee rotors. Asynchrone motoren omvatten een

- **De kooiankerrotor** : bestaat uit enkele draden die rond de randen van de rotor zijn verdeeld (doorgaans koper). De uiteinden van deze draden worden kortgesloten via een borgring, tenzij de rotorwikkeling kan worden verbonden met de buitenkant. Het magnetisch

kooiankerrotor, terwijl synchrone motoren doorgaans gebruikmaken van een rotor met permanente magneet.

veld van de stator wekt stroom op in de rotor, die dan wordt omgezet in het magnetisch veld dat vereist is om de as te laten draaien.

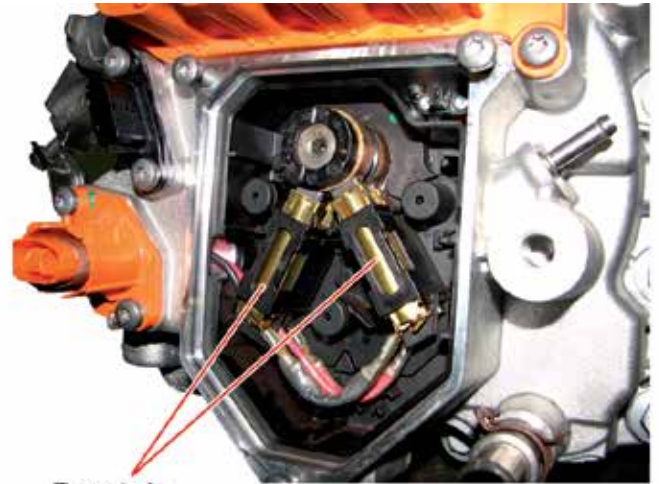


- **De bewikkelde rotor** : omvat een koperen wikkeling die erin is gewikkeld en verbonden is met de buitenkant via twee sleepringen die op de as zelf zijn gemonteerd. Deze ringen ontvangen constant

vermogen via enkele borstels om de rotorwikkeling aan te drijven, die bedoeld is om een magnetisch veld in de wikkeling te genereren.



Sleepringen



Borstels

- **De rotor met permanente magneet** hoeft geen magnetisch veld te "creëren" door stroom van een stroombron te absorberen, aangezien de magneten dit magnetisch veld zelf al genereren. Neo-

dymium is een materiaal dat vaak wordt gebruikt voor dit type magneet.

Reductiekast

Door het grote aantal omwentelingen van de elektromotor (12.000 tpm) en het hoge koppel, is er geen tandwielkast nodig in elektrische voertuigen. Aangezien de elektromotor bovendien vermogen kan leveren vanaf moment 0 (stationair draaien niet nodig), is er ook geen koppelingssysteem nodig.

Er moet echter wel een reductiesysteem (reductiekast) worden gemonteerd om het grote aantal omwentelingen van de elektromotor om te zetten in tractie.

Het reductiesysteem bestaat uit de as van de elektromotor (rotor), een reductiepignontandwiel en een conventioneel differentieel.

Rotor elektromotor



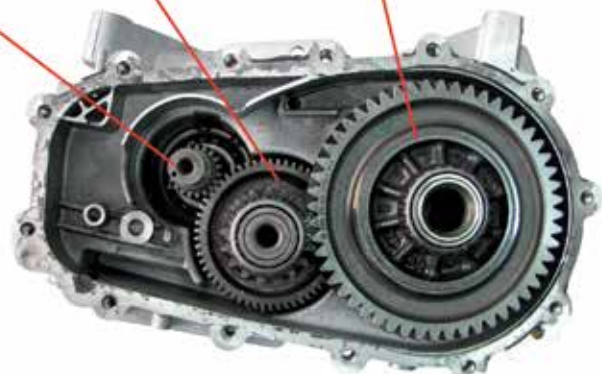
Pignontandwiel



Differentieel



Behuizing van reductiekast



Voor achteruit rijden is er ook geen koppeling van een derde pignontandwiel nodig, aangezien het volstaat de draairichting van de elektromotor om te keren.

REGENERATIEF REMSYSTEEM

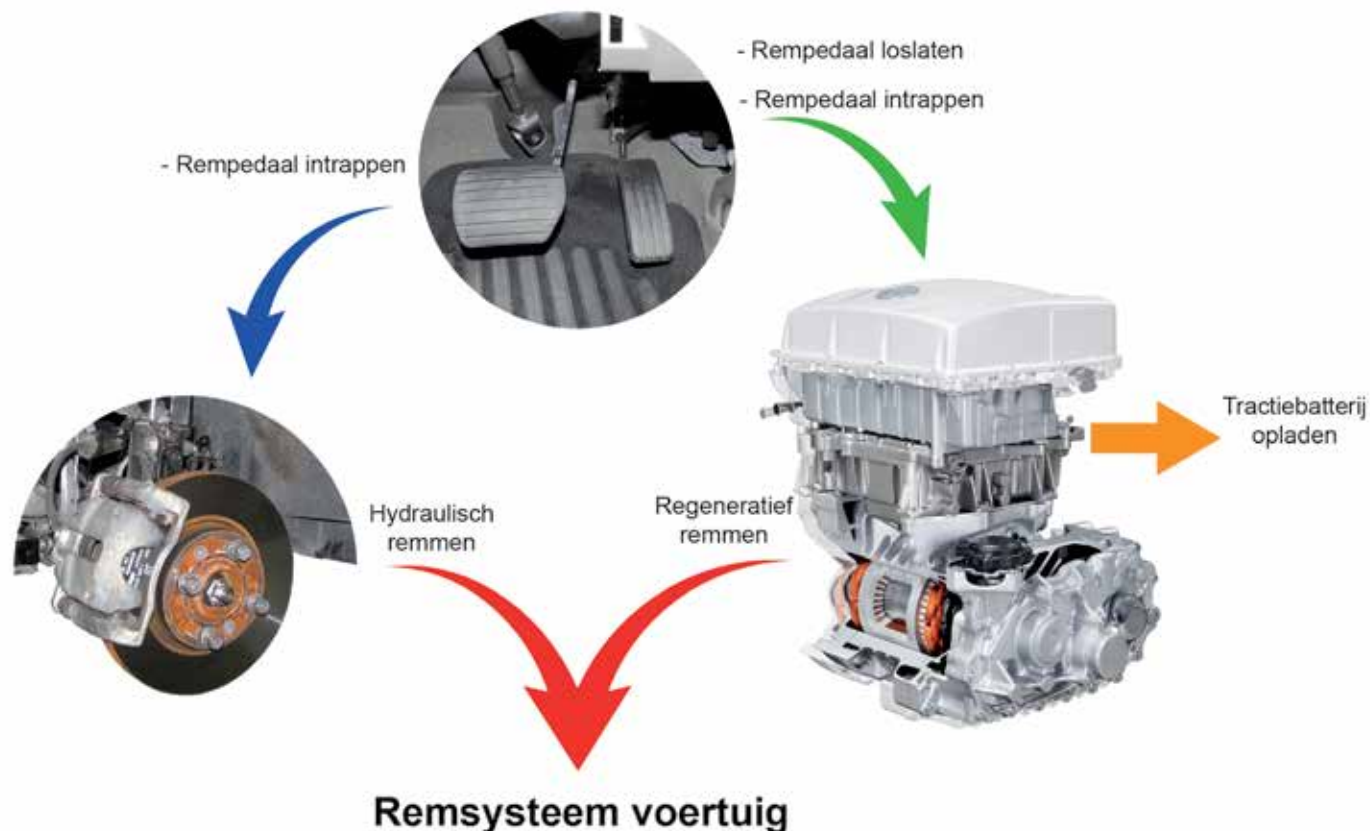
Het is gebruikelijk dat verschillende remsystemen worden gebruikt in een elektrisch voertuig, maar voor de bestuurder moet het remsysteem werken als een enkele remkracht. Het remsysteem bestaat uit het klassieke hydraulische systeem en het regeneratief remsysteem, waarbij de elektrische tractiemotor tussenkomt (en dienst doet als stroomdynamo).

Het conventionele remsysteem (hydraulisch) heeft meestal een rembekrachtiger die in een vacuüm werkt. In een conventioneel voertuig komt het vacuüm van het inlaatspruitstuk (benzinemotor) of van het rempedaal (dieselmotor). Bij een elektrisch voertuig kan dit vacuüm in principe slechts op twee manieren worden gecreëerd:

- Met een elektrische vacuümpomp, die wordt geactiveerd na een signaal van een druksensor die op de rembekrachtiger zelf is gemonteerd.
- Ofwel genereert de elektromotor die wordt gebruikt voor het ABS-systeem de nodige hydraulische druk in het hydraulisch circuit.

Regeneratief remmen in dit soort voertuigen gebeurt wanneer het gaspedaal wordt losgelaten. Op dat moment geeft de elektromotor geen tractie meer aan de wielen en begint deze te werken als een dynamo. De inertie van de rotor veroorzaakt een elektromagnetische inductie in de statorspoelen, waarbij wisselstroom wordt opgewekt. Deze wisselstroom wordt door de omvormer omgezet in gelijkstroom, die later wordt opgeslagen in de tractiebatterij. Hoe meer en des te krachtiger het rempedaal wordt ingetrapt, hoe meer energie door de batterij wordt geabsorbeerd via de dynamo en hoe meer energie wordt opgeslagen. Bij regeneratief remmen wordt het bereik van het voertuig aanzienlijk uitgebreid, vooral bij het rijden in de stad. Tegelijk slijten de remmen ook minder snel.

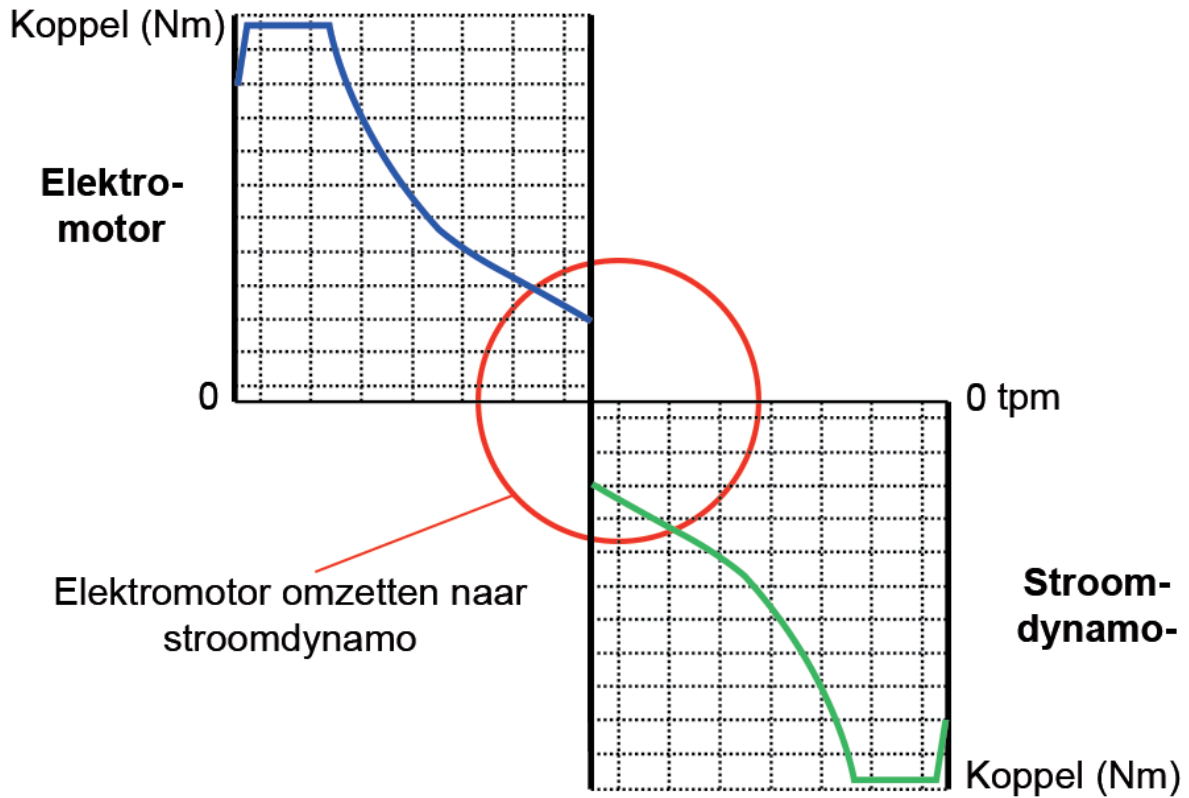
Om doeltreffend te kunnen remmen met elektrische voertuigen en tegelijk het meeste voordeel te halen uit regeneratief remmen om de tractiebatterij op te laden, is een remsysteem vereist dat beide remsystemen voortdurend combineert.



Het tegenkoppel van een dynamo is deels afhankelijk van de draaisnelheid (aantal omwentelingen) ervan. Bij het omschakelen van de elektromotor naar de stroomdynamo is er een korte periode dat geen enkel soort koppel beschikbaar is, wanneer het remmen 100% hydraulisch moet gebeuren. Van zodra het tegenkoppel weer beschikbaar is, kan

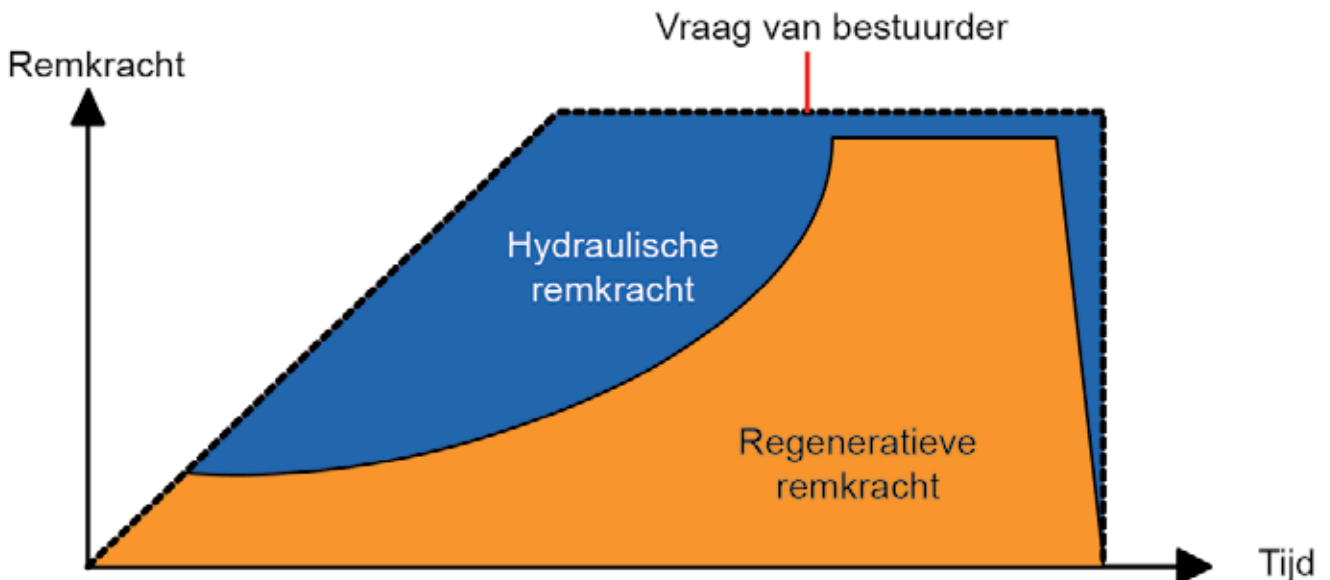
het remsysteem hydraulisch remmen beperken of zelfs helemaal uitschakelen om gebruik te maken van regeneratief remmen. Wanneer de draaisnelheid van de dynamo afneemt, is tegenkoppel niet mogelijk. Op dat moment moet het hydraulische remsysteem weer worden ingeschakeld.

Curve motorkoppel / dynamo



Het remsysteem van een elektrisch voertuig schakelt de door de bestuurder gegenereerde druk op de rempomp dus uit, zodat hydraulisch

en regeneratief remmen gecombineerd kunnen worden afhankelijk van de gevraagde remkracht.



SYSTEEM VOOR KLIMAATREGELING

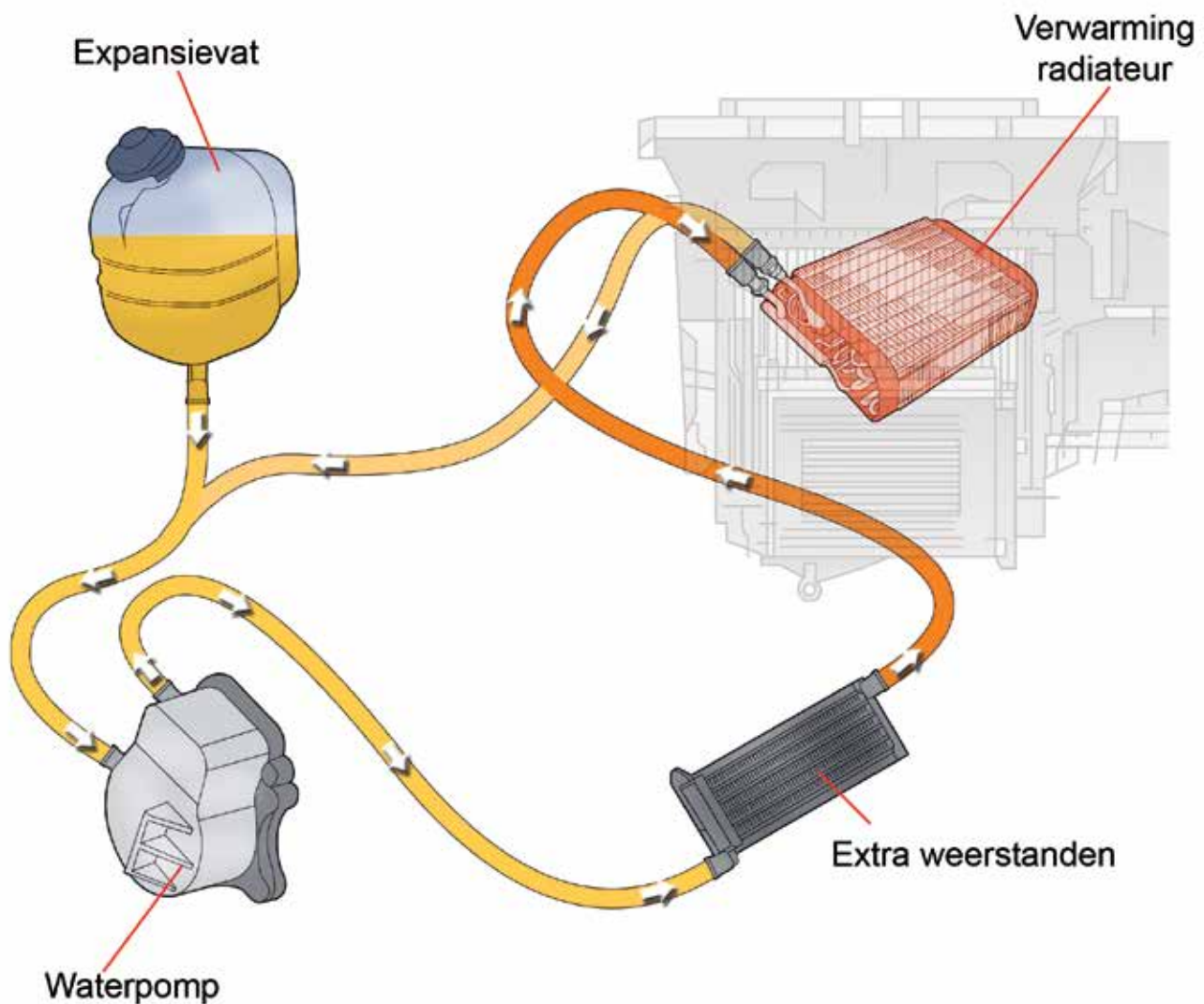
Aangezien er geen interne verbrandingsmotor is, stelden fabrikanten van elektrische voertuigen zich twee vragen:

- Hoe de aircocompressor kon worden bediend?
- En hoe een hittebron voor de verwarming kon worden voorzien?

Wat de hittebron voor de verwarming betreft, werden de eerste elektrische voertuigen voorzien van stationaire verwarming die werkte via een kleine brandstoftank (benzine of diesel); gebaseerd op het principe van woningverwarming.

Een modernere optie is het gebruik van extra weerstanden die werken via de spanning van de tractiebatterij. Het systeem bestaat uit ook de volgende componenten:

De extra weerstanden warmen de vloeistof op die door het circuit stroomt. Ze werken wanneer het voertuig draait en de verwarmingsfunctie wordt gevraagd.



In de koude lus worden dezelfde componenten gebruikt als in een conventioneel voertuig, met het enige verschil dat de aircocompressor wordt bediend door een interne elektromotor.

Dit soort compressor is doorgaans een scroll-compressor, die op dezelfde plaats zit als in een conventioneel voertuig, meer bepaald in de motorruimte.

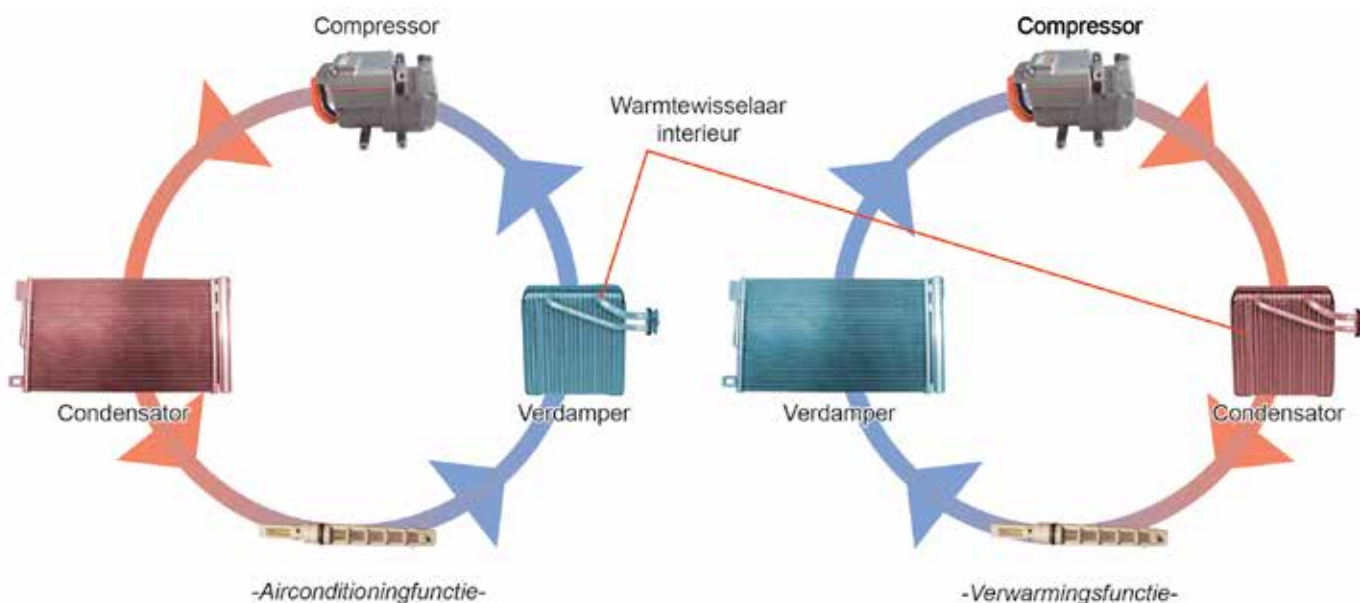
Het gas dat wordt gebruikt, is afhankelijk van het bouwjaar van het voertuig. Het vaakst worden R-134a en 1234-yf gebruikt.



Om het bereik uit te breiden, hebben veel elektrische voertuigen een programma dat kan voorspellen of het interieur moet worden gekoeld of verwarmd terwijl de voertuigbatterij wordt opgeladen. In dat geval komt de benodigde energie voor dit proces van het stroomnet en niet van de voertuigbatterij.

De klimaatregeling van het voertuig helpt ook bij het afkoelen van de tractiebatterij.

Andere voertuigen, zoals de Renault ZOE, gebruiken een omkeerbaar systeem voor klimaatregeling, wat verwijst naar een systeem waarmee de lucht kan worden verwarmd en gekoeld. De warmtewisselaar in het interieur werkt als condensator om warmte af te geven, of als verdamper om frisse lucht te verdelen. Een reeks elektromagnetische kleppen wordt gebruikt om de werking van beide warmtewisselaars om te keren.



ONDERHOUD

Net zoals bij voertuigen met interne verbrandingsmotor, moet onderhoud van elektrische voertuigen worden uitgevoerd. De volgende inspecties en controles staan in de meeste algemene onderhoudsschema's:

- Vervangen van de koelvloeistof om de 5 jaar of om de 150.000 km. Dit moet worden uitgevoerd conform de specificaties van de fabrikant.
- Vervangen van de remvloeistof: fabrikanten raden aan dat dit om de 120.000 km of om de 4 jaar wordt uitgevoerd. Tegelijk dient erop gewezen te worden dat de remblokken in deze voertuigen doorgaans lager meegaan dan in een conventioneel voertuig, aangezien regeneratief remmen in elektrische voertuigen de slijtage van de remblokken reduceert.
- De reductiekast maakt gebruik van olie voor de tandwieloverbrenging. Het is raadzaam het oliepeil om de 30.000 km te controleren (deze cijfers zijn gebaseerd op de voertuiginspectie).
- Sommige fabrikanten raden aan dat de 12V-batterij in deze elektrische voertuigen om de 3 jaar als voorzorgsmaatregel wordt vervangen.

Voor elektrische voertuigen wordt vaak een speciaal type banden gebruikt.

Door het hoge koppel van deze voertuigen zijn banden met een hoog wrijvingscoëfficiënt ontworpen. Sommige fabrikanten kiezen ervoor banden met een grotere diameter maar met een kleinere sectiebreedte te gebruiken, die een lage rolweerstand bieden, om het bereik van het voertuig uit te breiden (stijging van 10% afhankelijk van het voertuig). Deze banden moeten worden vervangen op basis van de slijtage die ze vertonen.

- Het is raadzaam het interieurfilter om de 30.000 km te vervangen.
- Het is raadzaam het filter van de droger van de airconditioning om de 2 jaar te vervangen.
- Wanneer het airconditioningcircuit moet worden geopend, is het belangrijk rekening te houden met de specificaties voor compressorolie. Deze olie moet van het type POE zijn. Dat is olie met specifieke eigenschappen voor elektrische isolatie die de compressor beschermt tegen elektrische schokken die door de motor worden geproduceerd.

Net zoals in een conventioneel voertuig moeten ook de banden, ruitwisservloeistof, ruitwissers en gloeilampen worden gecontroleerd en moeten bewegende componenten worden onderhouden en vervangen, zoals:

- hydraulische remonderdelen
- kogelgewrichten
- lagers
- onderdelen van de besturing en de ophanging





Autotechnologie in de kijker

De Eure!TechFlash nieuwsbrief is een aanvulling op het Eure!Car-opleidingsprogramma en heeft een duidelijke missie:

Een up-to-date technisch inzicht bieden in innovaties binnen de auto-industrie.

Met de technische assistentie van AD Technical Center (Spanje en Ierland) en de hulp van toonaangevende producenten van auto-onderdelen wil Eure!TechFlash de sluier over nieuwe technologieën oplichten en ze inzichtelijk maken. Zo hopen we professionele reparateurs te motiveren om bij te blijven met de technologische evoluties en voortdurend te investeren in hun technische ontwikkeling.

Eure!TechFlash verschijnt 3 tot 4 keer per jaar.

Eure!Car
CERTIFIED MASTERCLASSES

Het technische competentieniveau van reparateurs is van vitaal belang en in de toekomst misschien wel be-

(www.ad-europe.com). Het Eure!Car-programma biedt een uitgebreide reeks hoogkwalitatieve technische opleidingen voor professionele reparateurs. De opleidingen worden gegeven door de nationale AD organisaties en hun onderdelendistributeurs in 39 landen.

palend voor hun voortbestaan.

Eure!Car is een initiatief van Autodistribution International met hoofdzetel in Kortenberg, België

Bezoek www.eurecar.org voor meer informatie of om de opleidingen te bekijken.

Industriële Eure!Car-partners



Hybride technologie



Beperkende vermelding: De informatie opgenomen in deze brochure is niet beperkend en louter informatief, en stelt de auteur geenszins verantwoordelijk.