

## Innovam bereidt werkplaats voor op elektrische auto

# Klaar voor de Leaf

De Nissan Leaf is Auto van het Jaar 2011. Een vergissing van de jury? Of een vooruitziende blik? De tijd zal het leren. Feit is dat hybride- en elektrovoertuigen extra eisen stellen aan de werkplaats. Hoe bereid je je daarop voor? AMT ging op training bij Innovam.



De Nissan Leaf komt eraan. Hoe gaan we met de elektrisch aangedreven Auto van het Jaar 2011 om? Innovam leert het de Europese werkplaats.

In april komen de eerste 100 Nissan Leafs naar Nederland. Ze zijn al verkocht. Ook in andere Europese landen komt de verkoop van de elektrisch aangedreven Leaf op gang. Met de verkoop begint ook het onderhoud. Dus moeten de Europese Nissan-autotechnici getraind worden in de omgang met dit elektrovoertuig. Dat kan alleen als er in al die Europese landen opgeleide trainers zijn. Innovam schoolt in Parijs die trainers voor Nissan. Speciaal voor een privé-training aan AMT, kwamen Innovam's Nissan Leaf-trainers René Adriaans en Tom Ham even terug uit Parijs. Huiswerk vooraf: de Innovam-training 'NEN 3140, Veilig werken aan elektrische en hybride voertuigen'. Belangrijk, want in de autotechniek zijn we nog niet echt gewend aan de hogere spanningen van een elektrisch aandrijfsysteem. Daarbuiten wel. En dus nemen we de NEN 3140-norm uit de elektrotechniek over. De Arboret verplicht werkgevers elektrotechnische werkzaamheden door des-

kundig personeel te laten uitvoeren. Werknemers, op hun beurt, moeten zich aan de regels voor veilig werken houden. Wie de training volgt, wordt 'NEN 3140 Vakbekwaam Persoon' en kent de regels.

### Geen hoogspanning, wel gevaarlijk

Aan de slag dus. "Wat doet elektrische stroom met de mens?", vraagt Innovam-trainer Gilbert Nouwens. Heel wat: "Vanaf 10 tot 20 mA wordt het gevaarlijk. Je spieren verkrampen zo sterk dat je een onder stroom staand deel niet meer kan loslaten". Welke spanning is nodig voor die stroomsterkte? Om dat te berekenen stelt Nouwens de weerstand van het menselijk lichaam even op 20.000 Ohm. Met  $I = U/R$  laat hij zien dat beide polen van een 12 V accu vastpakken nauwelijks merkbaar is:  $12 \text{ V} / 20 \text{ k}\Omega = 0,6 \text{ mA}$ . Maar de polen van een 400 V-batterij zijn een ander verhaal:  $400 \text{ V} / 20 \text{ k}\Omega = 20 \text{ mA}$ . Gevaarlijk dus: "En let op, je weerstand is afhankelijk van ondermeer de vochtigheid en

dikte van je huid, het aanrakingsoppervlak en de hoogte van de aangelegde spanning. De werkelijke stroom kan dus nog veel groter zijn!" Om die reden worden wisselspanningen (AC) tot maximaal 50 V en gelijkspanningen (DC) tot maximaal 120 V als veilig beschouwd. NEN 3140 definieert die spanningen als 'extra laag'. Spanningen tot 1000 V AC of 1500 V DC heten: 'laagspanning'. Pas als de spanning daarboven komt is er sprake van 'hoogspanning'. De batterij van een hybride of elektrisch voertuig heeft een spanning tussen 160 en 400 V. "Kortom, dat is laagspanningsniveau volgens NEN", concludeert Nouwens. Toch spreekt hij van Hoog Voltage- of HV-systeem: "Dat voorkomt verwarring met het 12 V-systeem".

### Het juiste gereedschap

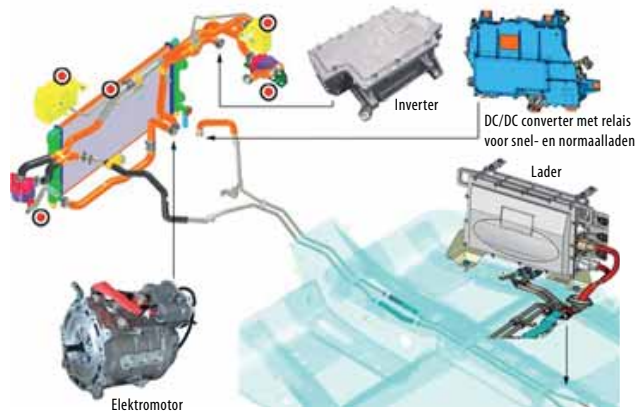
Werkzaamheden aan dat HV-systeem vragen om aangepaste PBM's en aangepast gereedschap. Tot 1000 V isolerende handschoenen liggen voor de hand, maar tijdens een meting ontdekken we dat ook de standaard multimeter niet voldoet. We meten een oneindige weerstand tussen de spoelen en de behuizing van een elektrische airco. Prima, want die horen ook geen contact te maken. Maar nu meten we dezelfde weerstand met de mega-ohmmeter: "De standaard multimeter gebruikt een spanning van een paar volt om een weerstand te meten. Bij de mega-ohmmeter kun je die spanning zelf instellen", legt Nouwens uit. "Stel de spanning in op 500 V." Nu meten we 0  $\Omega$ . Hè, bij hogere spanning is er kortsluiting. Hoe kan dat? "In deze airco is PAG-olie of een fluoriserend lekzoekmiddel gebruikt", verklaart Nouwens. "Dat geeft heel vervelende storingen omdat die stoffen geleiden. Alleen met de mega-ohmmeter kom je daar achter."

### HV-systeem uitschakelen

De eerste actie bij werk aan het HV-systeem is altijd het uitschakelen daarvan. "Zowel op de plus als de min van de HV-batterij zit een relais. Met de contact sleutel en de startschakelaar schakelt het 12 V-systeem die relais 'aan', legt Nouwens uit. Dus begint het uitschakelen van het HV-systeem met het uitzetten van de startknop, het uitnemen van de sleutel en het losnemen van de minpool van de 12 V-accu. Daarna zetten we (met de rub-



Leerzaam practicum. De standaard multimeter schiet tekort bij weerstandsmetingen aan het HV-systeem. Deze Mega Ohmmeter geeft wel het goede resultaat.



Een vloeistofkoelsysteem houdt de temperatuur van lader, DC/DC-converter, inverter en elektromotor onder controle. Waarom de radiator zo groot is? De temperatuur van de koelvloeistof is maximaal 65°C. Uiteraard leert de training de Nissan-technici hoe ze de koelvloeistof moeten verversen.

ber handschoenen aan!) de veiligheidsschakelaar op de batterijbehuizing om. Daarmee zijn de oranje kabels van het HV-systeem definitief spanningsloos, toch? Mis. De grote vermogenscondensatoren in het systeem hebben tijd nodig om te ontladen. Dus, nog een minuut of tien geduld graag. Daarna voor alle zekerheid een 0V-check met een multimeter met de juiste kwalificatie (minimaal 600 V en Categorie III) en het werk kan beginnen.

#### Auto met afstandsbediening

In dit geval betreft dat het werk aan de Nissan Leaf, met Innovam-trainers René Adriaans en Tom Ham. Hun Leaf is achtergebleven in Parijs. Maar geen nood, via [www.nissan-zeroemission.com](http://www.nissan-zeroemission.com) loggen we op 500 km afstand in op de auto. Nu opent zich een wereld van mogelijkheden. Het eerste wat we doen is de batterijstatus checken. De SoC (State of Charge) is 80%, genoeg voor 119 km. We kunnen nu doorladen totdat de 48 lithium-ion modules onder de Leaf-vloer de volle 24 kWh bevatten. "Dat doen we niet in verband met de levensduur van de batterij", zegt Adriaans. Het gemiddeld verbruik lezen we ook op afstand af: 0,30 kWh/km. Dat is ongeveer zo

energiezuinig als een benzine-auto die 1 op 30 rijdt. Keurig verbruik, maar niet genoeg om die 119 km te halen. "We hebben een beetje gescheurd", bekent Adriaans. Maar het kan ook anders: "Tijdens een zuinigheidswedstrijdje hebben we ook al 0,09 kWh/km gehaald".

We zien op de laptop (had ook een smartphone kunnen zijn) dat de temperatuur in de auto 26,5°C is. Te warm? Dan kunnen we de airco aanzakelen. De verwarming aanzetten kan ook, maar tegelijk verwarmen en laden niet: "De kachel trekt 5 kW. Meer kan de stop van het 230 V huisnet niet aan". Gelukkig kan al het aan- en uitschakelen via de timer, zodat de elektromobilist eerst zijn Leaf oplaadt en daarna het binnenklimaat regelt.

#### Van DC naar driefase AC

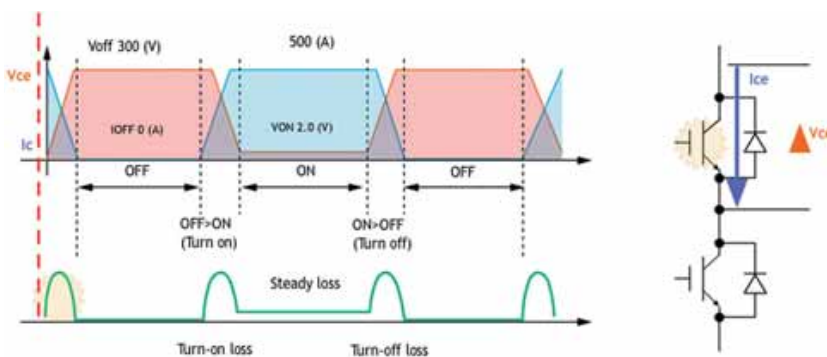
De 80 kW elektromotor voorin de Nissan Leaf is van het driefasewisselstroomtype. De inverter zet de gelijkstroom uit de batterij om in driefasewisselstroom. Adriaans legt uit hoe dat werkt: "In die inverter zitten IGBT's. Dat zijn vermogenstransistoren. Ze schakelen met een frequentie van 5 kHz. Door dat te doen in een variërende PWM (Pulse-Width Modulation), simuleren ze een sinus. Als je meer 'gas' geeft, stijgt de stroomsterkte en worden

de drie sinussen van de drie fasen hoger".

Die IGBT's in de inverter worden knap heet. Adriaans legt uit waarom: "Als een IGBT geleidt, loopt er een stroom door van maximaal 500 A. Door zijn interne weerstand staat er een spanning over van 2 V. Dus wordt er in de IGBT 500 A x 2 V = 1.000 Watt in warmte omgezet". Deze zogenaamde steady loss is nog maar een deel van de ontwikkelde warmte: "Bij het uitschakelen loopt de stroom door de IGBT snel terug naar 0 A en de spanning loopt op tot 300 V. Bij aanschakelen gebeurt het omgekeerde. Dat veroorzaakt turn-off en turn-on losses die nog veel groter zijn dan de steady loss". Bij laag toerental en hoge belasting, bijvoorbeeld bij wegrijden tegen een helling op, verlaagt de voertuigcomputer de schakelfrequentie naar 1,25 kHz om te voorkomen dat de IGBT's verbranden door de schakelverliezen. Blijft de temperatuur nog te hoog, dan neemt de voertuigcomputer het vermogen met maximaal 50% terug. De schakelfrequentie is hoorbaar in de Leaf als een lichte pieptoon. Het geluid wordt lager en sterker bij grote stroom en de lagere schakelfrequentie.

#### Grote radiator

Behalve in de inverter ontstaat ook warmte in de oplader, die de netspanning omzet in een gelijkspanning tussen 260 en 400 V, in de DC/DC-converter, die de HV-gelijkspanning omzet in 12 V voor het reguliere boordnet, en in de elektromotor. Vandaar het koelsysteem in de Leaf. Voorin staat een forse radiator, afmetingen: 327 x 635 mm, daarachter twee ventilatoren. Twee elektrische waterpompen houden de koelvloeistof in beweging. Vreemd, waarom heeft zo'n efficiënte elektro-auto een koelinstallatie nodig die in een auto met verbrandingsmotor niet zou misstaan? Het antwoord is eenvoudig: "De koelvloeistof in een verbrandingsmotor wordt 110°C, dat in de Leaf niet warmer dan 65°C. En een kleiner verschil met de buitentemperatuur vraagt nu eenmaal



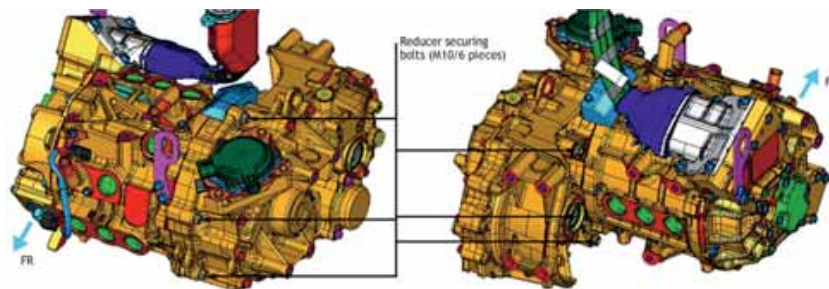
De inverter produceert driefase wisselstroom voor de elektromotor en warmte. Die komt vrij in de vermogenstransistoren, de IGBT's.



Bij uitbouw wordt de batterij aan de lift vastgebouwd. Reden? Te allen tijde schade aan de batterij voorkomen. Aandachtspunt bij montage: de dikke massakabels aansluiten. Zonder rijdt de auto prima, maar de afsluitbeveiliging bij contact tussen het HV-systeem en de carrosserie werkt niet meer.



Een vloeistofkoelsysteem houdt de temperatuur van lader, DC/DC-converter, inverter en elektromotor onder controle. Waarom de radiator zo groot is? De temperatuur van de koelvloeistof is maximaal 65 °C. Uiteraard leert de training de Nissan-technici hoe ze de koelvloeistof moeten verversen.



Een versnellingsbak in de Nissan Leaf? Ja en nee. Deze reducer zet het motortoerental om in een geschikt toerental voor de wielen. Hij heeft daar maar één versnelling voor beschikbaar. Nissan-technici leren hem in- en uitbouwen.

een groter koeloppervlak. Bovendien gaat de koelvloeistof bij een verbrandingsmotor veel sneller rond: 120 l/min, tegen 13,5 l/min in de Leaf en zelfs maar 6,5 l/min tijdens laden".

In Parijs leren Adriaans en Van Ham de internatio-

nale trainers ondermeer hoe hoe je de inverter uit- en inbouwt. Uiteraard begint de uitbouw met de procedure, die we inmiddels kennen, om de auto spanningsvrij te maken. Bij de inbouw is vooral de ontluftung van het koelsysteem van



**Regeneratief remmen in beeld**  
In het maandossier treft u een aantal technische video's aan van de Leaf. Als de bestuurder het rempedaal intrapt, leveren de mechanische remmen en de elektromotor samen de gevraagde remkracht. De video in het maandossier [www.amt.nl/januari2011](http://www.amt.nl/januari2011) toont hoe de hoofdremcilinder van de Nissan Leaf dat regelt.

belang: "Blijft er lucht achter, dan neemt de voertuigcomputer het vermogen terug en ziet de klant een schildpadje op zijn dashboard".

#### Opbouw van de HV-batterij

De HV-batterij bestaat uit tweemaal 24 Li-ion modules. Zo'n module ziet eruit als een platte doos. Iedere module telt 4 accucellen met een nominale spanning van 3,6 V. Binnen zo'n module staan twee groepjes van twee parallel geschakelde cellen in serie geschakeld. Dat geeft 48 in serie geschakelde modules van 7,2 V en dus een nominale spanning van 345 V.

Om de modules netjes onder de vloer van het interieur weg te werken staan er 24 verticaal onder de achterbank en links- en rechtsvoor 2 keer 12 horizontaal. Bij elkaar wordt dat een 300 kg zwaar pakket van 1,64 m lang, 1,20 m breed en een hoogte die varieert tussen 26 cm en minder dan de helft daarvan.

Ook dit batterijpakket moeten de Nissan-technici op de training uit- en inbouwen. Belangrijk aandachtspunt: "Bout het batterijpakket vast op de hydraulische lift". Waarom: "Stel een auto rijdt tegen de lift, dan wil je niet dat het er af valt en sluiting veroorzaakt". Verder niet vergeten om de dikke massa's weer aan te sluiten: "Zowel de plus als de min van het HV-systeem zijn niet met de carrosserie verbonden. Maar ontstaat er sluiting met de carrosserie, dan wordt het systeem via die contacten, met een weerstand van niet meer dan 0,05 Ω, onmiddellijk spanningsloos gemaakt. Vergeet je zo'n strip aan te sluiten, dan rijdt de auto gewoon, maar je hebt wel een belangrijk veiligheidssysteem uitgeschakeld".

#### Niet repareren zonder certificaat

Tijd om de balans op te maken. Is werken aan een Nissan Leaf moeilijker dan werken aan een auto met verbrandingsmotor? Nee! Is het anders? Ja! Net als hybride-auto's heeft de Nissan Leaf een HV-systeem. Sleutelen aan zo'n systeem vraagt gedegen training. Zonder het certificaat van zo'n training op zak, is het HV-systeem een no-go area, in het belang van autotechnicus en automobilist.