

# Technologie zo vanaf de plank

## Hybride aandrijfsysteem zorgt voor ware doorbraak

De afgelopen jaren is in diverse sectoren een sterk toenemende vraag waarneembaar naar energiezuinigere, stillere en slimmere oplossingen voor voertuigen. Zo kreeg ook Elsto Drives & Controls ruim 1,5 jaar geleden de vraag om mee te denken over de mogelijkheid om een elektrische aandrijving te combineren met een 'range extender' voor toepassing in een agrarisch voertuig. Dit was het begin van de ontwikkeling van een volledig nieuw hybride aandrijfsysteem dat onlangs op de ESEF 2014 werd gepresenteerd. Een ecologische voertuigoplossing die ook in andere sectoren voor een ware doorbraak zal zorgen.

Hybride voertuigen kunnen op twee manieren opgebouwd worden. Zo zie je dat er voertuigen zijn met twee motoren die elk apart via de versnellingsbak gekoppeld kunnen worden met de wielen en men dus via tandwieloverbrengingen de keuze moet maken tussen de ene en de andere motor. Deze technologie wordt veelvuldig toegepast in auto's omdat dit een gemakkelijk concept is om uit te voeren op bestaande modellen. Het kan echter ook anders. Door het totale voertuig elektrisch aan te drijven en met een verbrandingsmotor en een generator er voor te zorgen dat de accu's altijd vol zijn, kan ook een hybride voertuig gemaakt worden. De laatste tijd zien we dat het maken van hybride personenauto's met deze zogenaamde 'range extenders' om het batterijpakket te kunnen laden tijdens bedrijf meer en meer toegepast wordt. Ook in bijvoorbeeld de scheepvaart wordt al jaren deze technologie veelvuldig toegepast. Hier is deze technologie al heel oud. Denk maar eens aan alle duikboten die al jaren uitgevoerd worden met een elektrische aandrijving of de schepen met een elektrisch aangedreven boegschroef. Binnen de landbouw zien we dat hier de dieselmotor nog altijd de belangrijkste krachtbron is. Met name biologische boeren zijn hier niet echt blij mee. Zij zouden graag meer



gebruik willen maken van schonere aandrijvingen, maar voorlopig is een geheel elektrisch aangedreven tractor nog niet haalbaar. De accutechnologie is nog niet zo ver dat dit mogelijk is. Blijft er de hybride-oplossing over en dan uitgevoerd als range extender.

### DC-netwerk

Elsto heeft al enige tijd ervaring in het bouwen van elektrische aandrijvingen voor voertuigen. Belangrijk daarin is het differentiaal tussen de aangedreven wielen. Zij hebben dit elektronisch weten op te lossen waardoor de mechanische uitvoering niet meer nodig is. De expertise van Elsto heeft er toe geleid dat ze ruim 1,5 jaar geleden de vraag kregen om mee te denken over de ontwikkeling van een nieuw hybride aandrijfsysteem voor agrarische voertuigen, dat tevens van spoorbreedte moest kunnen wisselen. Dit was het begin van een nieuw tijdperk waarbij voor de ontwikkeling is samengewerkt met de TNO Transport & Mobility afdeling. In figuur 1 is te zien hoe de aandrijving van een hybride tractor met range extender is opgebouwd. Voor de energievoorziening van de vier motoren op de wielen wordt gebruik gemaakt van de door de dieselmotor opgewekte elektrische energie en/of van de energie uit het accupakket. Hier is gekozen voor een spanning van 600 V<sub>DC</sub> omdat dit een waarde is die correspondeert met de gelijkspanning die in veel frequentieregelaars terug te vinden is (de gelijkgerichte wisselspanning van 400 V). Door deze spanning te gebruiken, kan men gebruik maken van componenten die ook in de industrie toege-

past worden. In feite zou elke frequentieregelaar ook voor deze toepassing gebruikt kunnen worden, mits deze natuurlijk wel bestand is tegen alle mechanische belastingen die we tegen komen op een landbouwvoertuig. Met de techniek van de 600 V DC-bus heeft Elsto Controls inmiddels 6 jaar ervaring; eigenlijk sinds de komst van de in Duitsland ontwikkelde Agile en Active Cube frequentieregelaars van Bonfiglioli Vectron met DC-bus aansluiting. Door deze DC-bus bi-directioneel toe te passen in hijsinstallaties, kon men al remenergie hergebruiken voor andere machineonderdelen en aandrijfcomponenten. Deze techniek toepassen in een hybride voertuig was dan ook een logische stap.

### Opbouw

Het door Elsto Drives & Controls, in eigen beheer, ontwikkelde hybride aandrijfsysteem bestaat kort gezegd uit een combinatie van elektromotoren, regelaars en besturingstechniek (figuur 2). Een belangrijk uitgangspunt voor Elsto bij de ontwikkeling van dit aandrijfsysteem was dat gewerkt moest worden met zoveel mogelijk standaard componenten, ofwel 'off the shelf'. Zo is een dieselmotor met een vermogen van 130 kW gekoppeld aan twee parallel geschakelde, compacte permanent magneetmotoren van elk 55 kW van AEG-Lafert. Door deze motoren oversynchroon te laten draaien, gaan de motoren zich gedragen als generatoren en kan de energie die daarbij vrijkomt met behulp van Active Cube frequentie-omvormers van Bonfiglioli worden omgezet naar de DC-bus van 600 V. Aan deze DC-bus worden vervolgens de wielaandrijvingen, hulpaandrijvingen (lees: de gebruikers) en de accu's gekoppeld.

### Accu's

Uniek aan het accupakket is dat deze is uitgevoerd met 'smart device' ofwel een slimme elektronische schakeling. Door toepassing van deze slimme schakeling is het accupakket op drie manieren te gebruiken. Ten eerste voor de levering van energie aan de vier wielaandrijfmotoren, als de dieselmotor

niet in gebruik is. Ten tweede als opslagmedium voor als er een teveel aan energie wordt geleverd door de dieselmotor. En ten derde is het mogelijk om de accu additionele energie te laten leveren aan de DC-bus als de generator op nominaal vermogen is belast en de aandrijving of de hulpwerktuigen extra energie vragen. Om 's morgens zonder dieselmotor te kunnen wegrijden, is er een lader aanwezig.

### Wiel aandrijvingen

Voor de wielaandrijvingen, die gemonteerd zijn op de vier wielen van het voertuig, heeft Elsto Drives & Controls ervoor gekozen om een 22 kW driefasen AC asynchrone motor met vloeistofkoeling (een Elsto ontwikkeling) te combineren met een Bonfiglioli Trasmital planetaire wielaandrijving (figuur 3). Op deze manier worden alle vier de wielen individueel aangedreven. Om het iets lagere rendement van een asynchrone motor te compenseren, wordt gebruik gemaakt van veldversterking. Zo kan tot 5 km/uur (bij bijvoorbeeld het ploegen) toch continu een drievoudig motorkoppel worden gerealiseerd en kan 40 km/uur (met lager koppel) worden gereden op de openbare weg.

### Vierwielbesturing

Het voertuig kan op vier verschillende manieren worden bestuurd. Zo is het mogelijk om de achterwielen 'vast' te zetten of te laten zwenken en het voertuig uitsluitend te besturen met de voorwielen. Voor het maken van een zeer korte draaicirkel kunnen de voor- en achterwielen tegelijkertijd worden bestuurd, zodat het voertuig bijna om zijn eigen as kan draaien. Een derde mogelijkheid is dat de voorwielen bestuurbaar zijn en dat de achterwielen in 'hondengang' gaan. In deze laatstgenoemde stand is het gemakkelijker om het voertuig in een modderige ondergrond sneller te corrigeren. De vierde optie is tenslotte om de voorwielen te besturen in combinatie met een dubbele GPS-ontvanger (één ontvanger voor de voorwielen en één voor de achterwielen). Bij deze laatstgenoemde optie worden alle wielen bestuurd met een besturingsnauwkeurigheid van maar liefst 2 cm en is het voertuig dus uitermate nauwkeurig te positioneren.

### Besturingstechniek

Het complete aandrijfsysteem wordt elektronisch bestuurd vanuit een industriële PLC. Deze industriële PLC is door middel van een viertal CAN-bussen gekoppeld aan 10 gedistribueerde I/O-eilanden op het voertuig. Twee van de vier CAN-bussen, die gekoppeld zijn aan respectievelijk de wielbesturing en -aandrijving, werken met een hoge reactiesnelheid en een vertragingstijd van 1/1000 en de andere twee CAN-bussen hebben een vertragingstijd van een 1/10 seconde. Als het aandrijf- en besturingssysteem volledig is ingeschakeld, dan is het stuursysteem te vergelijken met een normaal voertuig. Bij stilstand is het stuurwiel neutraal en zijn alle systemen volledig ontkoppeld. Voor akkerbedrijf kan de gebruiker van het systeem in plaats van een stuurwiel ook kiezen voor een joy-stick besturing.

### Eerste toepassing

Het hierboven beschreven hybride aandrijfsysteem is onlangs voor het eerst toegepast bij een agrarische werktuigdrager die tijdens de ESEF 2014 te bewonderen was op het Innovatiepaviljoen (figuur 4). De wielbasis van deze werktuigdrager bedraagt circa 6 meter. Een bijzondere uitdaging bij dit voertuig was behalve het hybride aandrijfsysteem, voor Elsto Drives & Controls ook de realisatie van de variabele spoorbreedte. De minimale spoorbreedte

bedraagt 2,30 meter en in uitgeschoven positie bedraagt de spoorbreedte maximaal 3,40 meter. Met andere woorden, voor de software kon niet eenvoudigweg worden uitgegaan van een enkelvoudige matrix, maar moest gewerkt worden met een meervoudige matrix voor elke gewenste spoorbreedte. Om de spoorbreedte van het voertuig te veranderen, moet het voertuig rijden, als de wielen naar buiten cq. naar binnen worden gestuurd.

### Gebruikstijd

Het ploegen en vreezen van ruggen zijn in de akkerbouw de meest arbeidsintensieve activiteiten op het land. In die situaties kan dan ook in beperkte mate worden gewerkt op de accuvoeding. Dit in tegenstelling tot bij activiteiten als het aanbrengen van gewasbeschermingsmiddelen of rijden op de openbare weg, dan is de capaciteit van de accu afdoende. Met name voor de biologische landbouw biedt het bovengenoemde systeem uitkomst, omdat met deze werktuigdrager met een hoge precisie mechanisch gewied kan worden. Via een SCADA-systeem met touchscreen in de cabine, kan de gebruiker de uitgevoerde werkzaamheden van het betreffende werktuig nauwlettend in de gaten houden.

### Werktuigen

Speciaal voor deze werktuigdrager moest Elsto Drives & Controls in de ontwikkelingsfase van dit hybride aandrijfsysteem ook zoeken naar een oplossing voor de aandrijving van de mechanisch aangestuurde werktuigen (al die werktuigen die op een normale tractor via de aandrijfas achterop in beweging gebracht worden). Rekening houdend met het gewenste rendement en het gewicht zijn hiervoor permanent magneetmotoren van 55 kW toegepast. Dit zijn dezelfde motoren als eerder gebruikt voor de generator. In tegenstelling tot bij een traditionele tractor, is het bij deze werktuigdrager mogelijk om 3 werktuigen in één keer te koppelen. Twee voor de cabine en één achter de cabine. De achterste hefinstallatie is elektronisch bestuurd op trekbelasting. Voor die delen van de werktuigdrager die niet elektromechanisch worden aangedreven, is een hydraulisch aggregaat voorzien. Met behulp van het aanwezige telemetriessysteem op de werktuigdrager, is het mogelijk om het volledige systeem op afstand te bewaken en uit te lezen via het onderhouds- en servicecentrum. Daarnaast hebben de servicemonteurs en de eigenaar van het voertuig de mogelijkheid om te allen tijde het systeem op afstand te monitoren via een tablet PC.

### Tenslotte

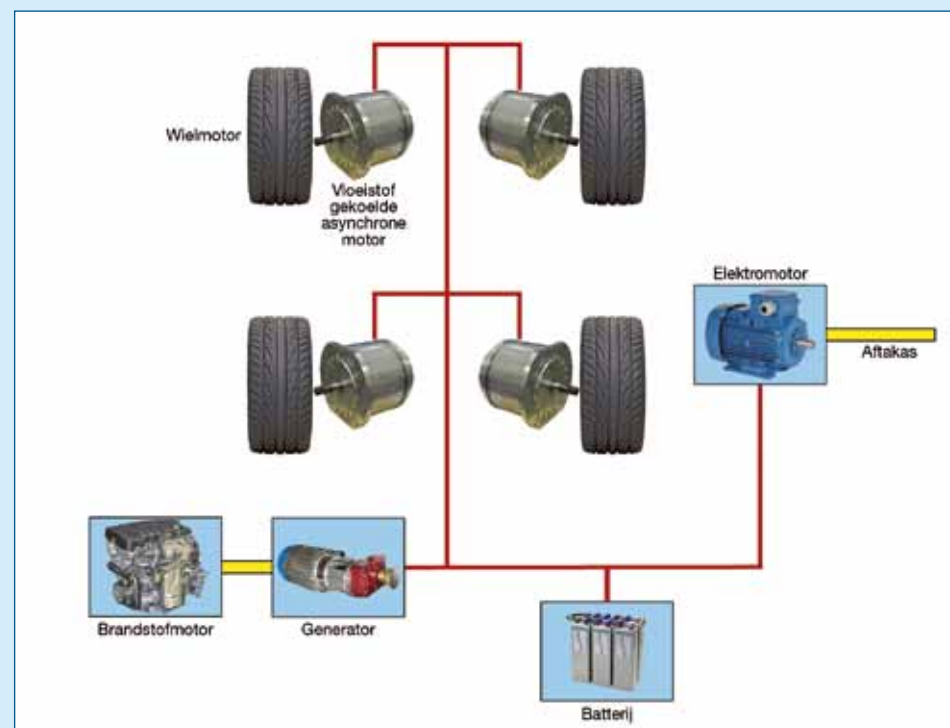
Naast alle hardware zoals motoren, PLC's en frequentieregelaars is er natuurlijk ook software nodig om alles aan te sturen. Dit is natuurlijk het ingewikkeldste aan het gehele project. Een voertuig is immers iets anders dan een machine in een fabriek. Alleen al het gedrag van het "gaspedaal" of het met hoge nauwkeurigheid sturen van het voertuig, vraagt

veel van de programmeur. Hij moet de juiste algoritmen ontwikkelen om de taak naar wens uit te voeren.

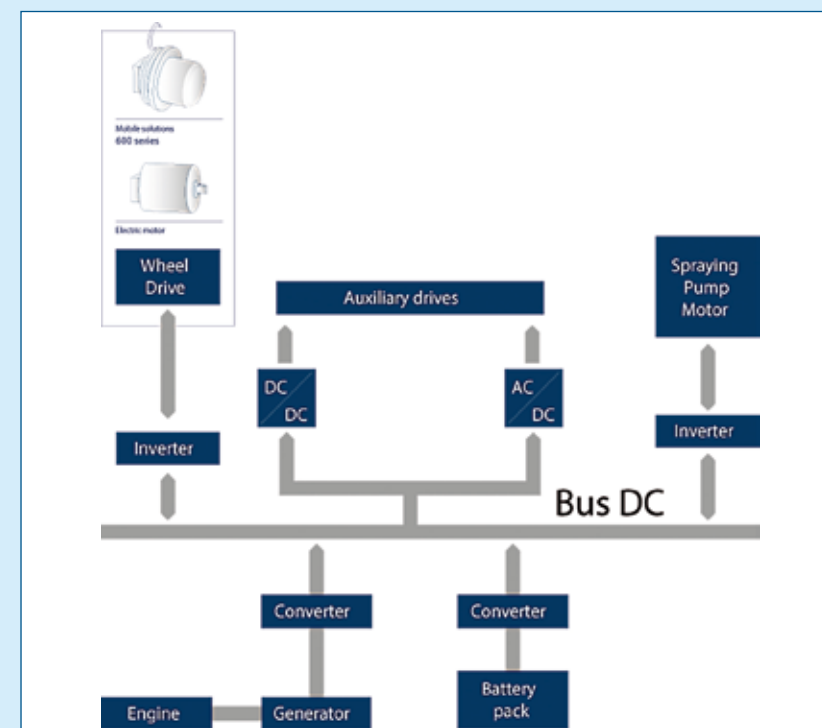
Elsto heeft ondertussen de nodige ervaring op het gebied van aandrijf- en besturingstechniek voor industriële voertuigen. Een eerste begin is nu gemaakt met een agrarisch voertuig, maar er zijn nog veel meer mogelijkheden. Zo leent dit systeem zich ook bij uitstek voor voertuigen ten behoeve van grond-, weg- en waterbouw of voor interne logistieke voertuigsystemen en/of hijs-/hefsystemen. In vergelijking met een conventionele dieselmotor kan met behulp van dit nieuwe systeem een 20% lager dieselverbruik en dito CO<sub>2</sub>-uitstootverlaging worden gerealiseerd, en in geval van de werktuigdrager een 15% hogere gewasopbrengst. Ondanks de werkbreedte van 3,40 meter mag dit landbouwvoertuig de openbare weg op. In de toekomst worden werkbreedtes tot 4 meter ontwikkeld. Om in zo'n geval te voldoen aan de daarvoor geldende regels van RDW is de positie van de cabine instelbaar. Tijdens akkerbedrijf staat de cabine op de achterste positie en op de openbare weg staat de cabine in het midden van het voertuig. Het verplaatsen van de cabine geschiedt met behulp van asynchrone motoren en een frequentieregelaar uit de Agile-serie. Beiden uit het assortiment van Bonfiglioli.

Voor meer informatie zie [www.etotaal.nl/achtergrond](http://www.etotaal.nl/achtergrond). Artikel "Technologie zo vanaf de plank".

Elsto Drives & Controls  
[www.elsto.nl](http://www.elsto.nl)



Figuur 1. De opbouw van de hybrideaandrijving



Figuur 2. De DC-bus van 600 V verbindt alle componenten van het aandrijfsysteem.



Figuur 3. De watergekoelde aandrijfmotor.



Figuur 4. De agrarische werktuigdrager die te zien was tijdens de ESEF 2014.