

Groot gelijk

de toekomst van gelijkspanning in Nederland



Inhoud

Hoofdstuk 1

Hoofdstuk 2

Hoofdstuk 3

Hoofdstuk 4

Hoofdstuk 5

Voorwoord

Verduurzaming van onze energievoorziening is belangrijk. Vrijwel iedereen is daar ondertussen van doordrongen, getuige onder andere de totstandkoming van het Energieakkoord in september 2013. Bij Eneco Groep varen we sinds 2007 een duurzame koers. We zagen toen al dat de samenleving, waar wij onderdeel van zijn, niet door kon gaan met het gebruik van energie zonder werk te maken van besparing en vergroening. Daarom zetten alle bedrijfsonderdelen van Eneco Groep zich in om op alle mogelijke manieren energieproductie, -transport en -gebruik te verduurzamen.

Onderzoek en innovatie zijn nodig om tot de beste duurzame oplossingen te komen, technisch en economisch. Dat is te zien bij windmolens, elektrische auto's, zonnepanelen en bij vele andere technische toepassingen. Ook in de energienetten is die ontwikkeling gaande. Netten worden slimmer en een haast vergeten techniek als gelijkspanning blijkt goed te passen in de duurzame wereld. Wij zien er weinig van omdat dit of onder de grond, in stations van netbeheerders of in apparaten en leidingen thuis plaats vindt. Daar moet meer bekendheid aan gegeven worden. Deze uitgave over de glansrijke toekomst die gelijkspanning wordt toegedicht, is het daarom waard om te lezen. Immers we zullen steeds meer met elektriciteit doen en daar komt ook steeds meer gelijkspanning bij aan bod. Zoals het maken van elektriciteit op het dak met zonnepanelen en het opladen van de accu in elektrische auto's.

Het is daarom goed dat partijen die momenteel voorop lopen bij het ontwikkelen van gelijkspanningssystemen en -infrastructuren, en die ook in de praktijk brengen, hun kennis beschikbaar stellen via deze publicatie. Veel mensen zullen deze uitgave als e-book op een pc of laptop lezen die gevoed wordt door gelijkspanning uit de accu van dat apparaat. Deze accu wordt nu nog van power voorzien met wisselspanning



uit het stopcontact, die in de pc transformeert naar gelijkspanning. Maar dat kan veel effectiever door direct gelijkspanning te gebruiken. Bij Joulz, het infrabedrijf in Eneco Groep is dat nu al heel gewoon. De elektrische installatie op een van de kantoren is daar speciaal op ingericht. Er is minder energieverlies, er is minder materiaal nodig en daarom juich ik dit soort innovaties van het energiegebruik van harte toe.

Het besluit van Joulz en Direct Current om de huidige kennis over het gebruik van gelijkspanning samen te vatten, is een verdere opstap naar meer aandacht voor gelijkspanning. Actuele technische ontwikkelingen rond deze 'oude' techniek maken gelijkspanning kansrijker dan ooit. We zullen er allemaal meer mee te maken krijgen. Daarom verdient de inhoud van dit boek "Groot Gelijk, de toekomst van gelijkspanning begint in Nederland" een groot en aandachtig lezerspubliek.

Jeroen de Haas,

Voorzitter Raad van Bestuur Eneco Groep





Inhoud

1. Visie 2030 - gelijkspanning in de toekomst	5
2. De terugkeer van gelijkspanning	9
3. Gelijk beginnen	15
3.1 Crisiscentrum op gelijkspanning	15
3.2 Zicht op besparingen	18
3.3 Voordeel van gelijkspanning in de kas	21
3.4 DC netwerk in een proeftuin	25
3.5 De wording van 'Harry Gelijkspanning'	29
3.6 Nupharo: bedrijvenpark op gelijkspanning	37
3.7 DC op vredesmissie in Mali	41
3.8 Renovatie op gelijkspanning	45
4. Hobbels en kansen voor gelijkspanning	49
4.1 Normen voor gelijkspanning	49
4.2 Onderwijs en ondernemers trekken gelijk op	53
4.3 Stroomrotonde in het DC-lab	57
4.4 Kansen van en voor gelijkspanning	61
5. Interviews met deskundigen	64
De toekomst van gelijkspanning volgens Stientje van Veldhoven (D66), Marjan Minnesma (Urgenda), Lou van der Sluis (TU Delft), Sjef Cobben (TU Eindhoven), Miro Zeman (TU Delft), Jan Fitters (Philips), Peter Vaessen (DNV GL), Tim Zijderveld (Joulz), Maarten van Riet (Alliander) en Danny Geldtmeijer (Enexis)	
Colofon	98





Visie 2030 - gelijkspanning in de toekomst

Donderdag 16 mei 2030 – In de late middagzon stroomt het verkeer over de A13 kalmpjes van Rotterdam naar Den Haag en omgekeerd. Sinds merendeel van de auto's over een automatisch volgsysteem beschikt, is het aantal aanrijdingen in de spits drastisch teruggelopen. Ook het verkeersbeeld is er rustiger door geworden.

‘Over vijfhonderd meter, neem de afrit. Over vijfhonderd meter, neem de afrit.’ Paul steekt zijn smartphone in de console en neemt het stuur over. Dat laatste stuk naar huis rijdt hij het liefst zelf. En daar is afslag Pijnacker.

Ze wonen er nu twaalf jaar. Hij, Lisa en de twee kinderen. Een dorpsgevoel in de Randstad – dat zochten ze destijds. Het huis was kort na de aanschaf grondig

USB als nieuwe DC-stekker
De EU wil USB 3.0 als nieuwe stekkerstandaard voor alle apparaten tot 100 W. Laptop, televisie, printer, schemerlamp en LED-lamp halen hun gelijkspanning direct uit een USB-stopcontact **2**: er is geen AC/DC-omzetter meer nodig. Het apparaat communiceert zelf met het DC-net welke spanning nodig is. Apparaten die meer vermogen gebruiken, bijv. een aircó, hebben een 'gewone' DC-stekker **3**.

Gelijkspanning lokaal opwekken
Zonnepanelen leveren gelijkspanning die nu voor transport wordt omgezet naar 230 Volt wisselspanning. Daarna wordt deze wisselspanning in bijvoorbeeld een computer of televisie weer omgezet in gelijkspanning. Zo gaat bijna 10 % van de elektrische energie verloren. In de DC-visie wordt dit voorkomen.

Gelijkspanning lokaal opslaan
Ook accu's werken met gelijkspanning. Zo'n huysaccu **4** wordt opgeladen met zonenergie als we weinig stroom gebruiken en levert piekvermogens als we die nodig hebben.

Zelfs een motor werkt intern met gelijkspanning
De motor van roterende machines zoals een stofzuiger of wasmachinepomp werkt altijd op wisselspanning. Nadeel van wisselspanning is dat het toerental van de motor altijd maximaal is. Hier biedt de vermogenselektronica door middel van een DC/AC-omzetting uitkomst. De wisselspanning uit het stopcontact wordt intern omgezet naar gelijkspanning en daarna met een frequentieregelaar omgezet naar een nieuwe wisselspanning met variabele frequentie zodat de pomp toch op een variabel toerental kan draaien.

GELIJKSPANNING IN HUIS
ENERGIEWINST & COMFORT

Veel apparaten werken op gelijkspanning
Veel elektrische apparaten in huis (computer, tablet, mobiele telefoon, computer, televisie) werken intern op gelijkspanning (DC). Nu zet een omzetter in het apparaat (AC/DC-omzetter **1**) wisselspanning (AC) die uit het stopcontact komt om naar gelijkspanning (DC). Bij deze omzetting gaat energie verloren. Veel apparaten hebben intern ook nog een DC/DC-omzetter die de gewenste spanning genereert. In een DC-netwerk zijn alle interne AC/DC-omzeters overbodig.

DC levert comfort
Apparaten die werken op gelijkspanning bevatten vrijwel altijd elektronica. Door hier een microprocessor aan toe te voegen wordt elk apparaat intelligent en regelbaar. Een gebruiker kan dan bijv. via iPad of smartphone op afstand een lamp dimmen **7** (er is geen schakelaar of draad nodig), de oven aanzetten of de verwarming regelen.

Wisselspanning blijft mogelijk
Met een speciale omvormer **6** blijft het mogelijk om apparaten die op wisselspanning werken met een traditionele AC-stekker aan te sluiten op het DC-spanningsnet.

ILLUSTRATIE: © 2014 WWW.KENNISINBEELD.NL





gerenoveerd, samen met de meeste andere huizen in de Van der Horstlaan. Toen was het al duidelijk dat Nederland de Europese 2020 doelstellingen niet zou halen. Toch was de belangstelling voor en de ervaring met energiezuinige technieken een stuk beter dan tien jaar eerder. Misschien juist doordat Nederland de doelstellingen niet haalde en daar in Europees verband steeds aan herinnerd werd, was de urgentie duidelijk geworden. ‘Dezelfde score als Malta, maar een stuk kouder’, had de Europese energiecommissaris gezegd. Leuk was anders, maar er was wel wat in gang gezet.

Paul en Lisa hadden in 2019 ingetekend op een energieplus renovatieprogramma voor woningen van voor 1990. Dat hield een volledige isolatie in van muren, dak en vloer, evenals vervanging van de kozijnen en deuren door driedubbel kryptonglas. Ook was ervoor gekozen om de huizen uit te rusten met een warmtepomp voor de verwarming, een elektrische fornuis en zonnepanelen op het dak en de veranda. Gedwongen door de steeds frequentere en zwaardere aardbevingen had de regering de gaswinning in Groningen verminderd. Nederland begon zich te realiseren dat aardgas een aflopende zaak was. ‘Elektrisch wonen’ was de toekomst, dacht men. Net als ‘elektrisch rijden’ en eigenlijk ‘elektrisch leven’. Zelfs de kassen hier langs de N473, vroeger altijd de grootste afnemers van gas in de regio, waren gasloos geworden. De ene na de andere tuinder had een put laten boren naar heet water op ongeveer twee kilometer diepte. Water van zo’n 70 graden was genoeg om de kassen mee te verwarmen. Daarna stroomde het lauwe water verder de wijk in om de woningen te verwarmen (die dan de temperatuur met hun warmtepomp een graad of tien omhoog brachten). Dat bracht de tuinders ook nog wat op.

Rechts ziet Paul z’n huis al staan. De zon schijnt nog vol op de panelen. Twee kilowatt komt er nog wel uit denkt hij. Grappig hoe je daar een gevoel voor ontwikkelt. Dat had hij vroeger nooit. Als bestuurskundige had hij niet zoveel met techniek, maar sinds hun huis voor een groot deel in de eigen energie voorziet, is het allemaal een stuk concreter geworden. Vroeger had hij geen benul van wat een kilowattuur was. Nu weet hij dat hij er vijf kilometer mee kan rijden of dat de PV-installatie het in een kwartiertje opwekt. Moet het wel midzomer zijn natuurlijk.





Thuis parkeert hij de Nissan Nexus boven de rode tegel zodat die kan opladen. Moeilijk voor te stellen dat de eerste elektrische auto's aan een verlengsnoer moesten opladen. De hond Rekel komt hem al tegemoet rennen. Leuk beest. Lisa werkt laat vandaag, dus Paul kookt. Iets makkelijkers met pasta zal het wel worden.

Eigenlijk is het gek dat het huis er in wezen hetzelfde uitziet als voor de renovatie, terwijl de techniek helemaal veranderd is. Maar wie dat niet interesseert ziet niet veel verschil. Ja, dat nu vrijwel alles direct met USB stekkers wordt aangesloten. Vroeger waren dat alleen computerachtige zaken, daarna volgden smartphones en elektronica. Maar al snel verschenen ook scheerapparaten, staafmixers en zelfs grootbeeldtelevisies met USB-stekkers. Een modern huis heeft in bij elk werkblad en iedere kast wel een rijtje USB-aansluitingen. Apparaten met een grote randgeaarde stekker zijn uitzonderingen geworden. Ja, de oude klopboormachine en wat ander spul in de schuur. USB is soort van per ongeluk de nieuwe standaard geworden. Niet alleen omdat het handige en veilige stekkertjes zijn, maar ook omdat je apparatuur met je mobiel aan en uit kunt schakelen en omdat alles via USB is aangesloten op het domoticasysteem.

Dat slimme kastje neemt je een boel geregeld uit handen. Het zorgt ervoor dat zonnestroom wordt opgeslagen, dat de auto opgeladen wordt en dat de afgenomen stroom uit het net toch nooit hoger wordt dan de tariefhoeveelheid. Paul en Lisa hebben gekozen voor een 2 ampère aansluiting van 350 volt gelijkspanning. Dat levert hen 7.000 kWh (kilowattuur) per jaar. Hun gebruik bedraagt 9.000 kWh op jaarbasis voor elektrische auto, huishouden en warmtepomp in ongeveer gelijke verhouding. De maximaal 4.000 watt van de zonnepanelen levert per jaar zeker 3.500 kWh. Samen met de basisaansluiting is dat 10.500 kWh, ruim voldoende voor hun gebruik dus, waarvan ze de helft zelf opwekken. Een set van acht lithiumpolymeer-accu's in de kruipruimte dient als buffer in het elektrische huishouden. Die vangen de schommelingen in gebruik op en ook in de opwekking (als er een mooie Hollandse wolk voor de zon kruipt). Een goede buffer maakt het ook mogelijk om het stroomgebruik van het net laag en constant te houden. En dat was een voorwaarde voor de





tariefaansluiting. Vroeger betaalde je voor de energie die je gebruikte, nu voor de capaciteit van de aansluiting. De energie kost steeds minder, maar anno 2030 betaal je niet voor de energie, maar voor de techniek die de energie opslaat, verwerkt en transporteert. Dat is een omslag in het denken geweest, zoals al veel eerder plaats had gevonden bij internet. Toen eenmaal de glasvezels er lagen, vroeg ook niemand meer over hoeveel megabyte je wilde downloaden. Het ging alleen nog om de snelheid van de verbinding – de dikte van de pijp zogezegd. Met de aanleg van het DC-net in de wijk is er voor de elektriciteit in Pijnacker, en tal van andere plaatsen in Nederland, een zelfde situatie ontstaan als eerder voor internet.

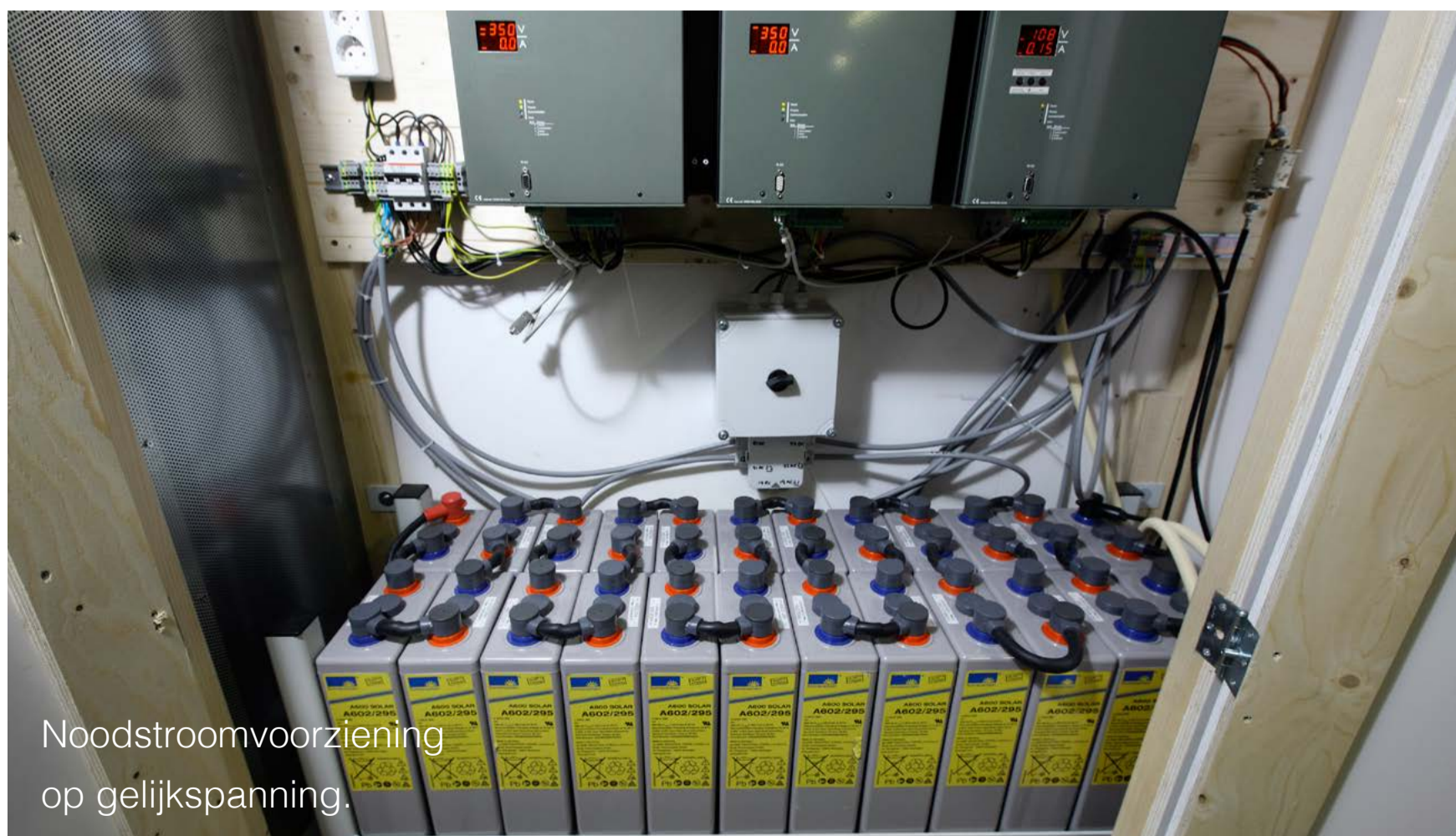
Hij giet de pasta af, roert er een beetje olijfolie doorheen en wat pesto. ‘Okee, James’. Stom grapje om het spraakgestuurde domoticasysteem zo te noemen, maar het is nu eenmaal zo. ‘Roep de kids even voor het eten.’ Terwijl hij de pannen op tafel zet, hoort hij z’n zoon met grote stappen van de stap af klossen. Die struikelt nog eens over z’n eigen voeten, denkt Paul. Hond Rekel trekt één ooglid omhoog en slaakt dan een diep zucht. Hij moet nog even wachten op de restjes.



De terugkeer van gelijkspanning

Ons elektriciteitsnet is de erfenis van ruim honderd jaar behoedzaam voortbouwen op de fundamenteën van de wisselspanning. Veranderingen in opwekking en transport voltrekken zich op gelijkspanning. Wat betekent dat voor de toekomst van onze elektriciteitsvoorziening?

Een accu of batterij levert gelijkspanning of 'direct current' (DC). Een dynamo of generator levert wisselspanning ('alternating current' of AC). Waarom die ophef? Een lampje brandt evengoed wel. Ons elektriciteitsnet levert 230 volt 50 hertz wisselspanning. Dat is een gevolg van een 'stroomoorlog' die eind 19 eeuw plaatsvond in de Verenigde Staten tussen de legendarische grootheden Thomas Edison, uitvinder van ondermeer de gloeilamp, en de Servisch-Amerikaanse uitvinder en ingenieur Nikola



Noodstroomvoorziening op gelijkspanning.



Tesla. Tesla geldt als grondlegger van de wisselspanning. Hoewel Edison rond 1880 de eerste elektrische installaties in New York op 110 volt gelijkspanning inrichtte, liep hij tegen een belangrijke beperking op. Als hij de stroom vanuit een waterkrachtcentrale bij de Niagara waterval naar New York zou willen transporteren, had hij daar enorm dikke en dure koperkabels voor nodig.

George Westinghouse, ondernemer in elektriciteits-netwerken, zag een kans voor de wisselstroomtechnologie die Nikola Tesla kort daarvoor gepatenteerd had. Het grote voordeel van wisselstroom was dat het door middel van transformatoren eenvoudig op een hogere spanning te brengen was, waardoor het transport over lange afstand minder dikke geleiders vergde. In 1886 demonstreerde Westinghouse de techniek door met waterkracht wisselspanning op te wekken, die met een transformator op 3.000 volt te brengen en door een kilometer draad te transporteren. Aan het eindpunt werd de spanning weer teruggebracht tot het niveau voor eindgebruikers. De wereld was overtuigd: wisselstroom had de toekomst. Ook Edisons firma General Electric moest wel over op AC.

Maar de wereld verandert. Kijk om je heen en je ziet op steeds meer daken zonnepanelen verschijnen. In de krant lees je over windparken op zee. Zonnepanelen leveren gelijkspanning, maar moeten via een omvormer op het wisselspanningnet aangesloten worden. Daarbij gaat 5-10 procent van de energie op in warmte. Dat geldt ook voor brandstofcellen die elektriciteit produceren uit waterstof, aardgas of groen gas. Was vroeger wisselspanning de beste manier om grote afstanden te overbruggen, tegenwoordig kiest men bij afstanden van honderden kilometers voor gelijkspanning van enkele honderdduizend volt (HVDC). In de tijd van Edison was alleen wisselspanning eenvoudig op een hoger niveau te brengen (met een transformator). Moderne vermogenselektronica brengt ook gelijkspanning op hoogspanning, of zet gelijkspanning om in wisselspanning of omgekeerd (met een AC/DC omzetter). Zo bereikt de energie uit een windpark ver uit de kust het land als hoge gelijkspanning. Vermogenselektronica in een converteerstation zet die hoogspanning om in wisselspanning om de energie in het 50 hertz wisselspanningnet te voeren.





Europese doelstellingen eisen in het licht van het klimaatbeleid invoering van meer duurzame energie. En dat begint voelbaar te worden. Het traditionele beeld van een elektriciteitsnet dat vanuit enkele centrales gevoed wordt en via transportnet en distributienet de eindverbruikers van elektriciteit voorziet, begint te kantelen. Afnemers worden steeds vaker ook producenten. Maar de nieuwe producenten, of het nu particulieren of boeren zijn met zonnepanelen of verre windparken op zee, leveren vooral gelijkspanning. Natuurlijk wordt dat nu nog omgezet in wisselspanning voor invoeding op het net, maar blijft dat in de toekomst ook zo? Naarmate het aandeel van duurzame DC bronnen in de stroomvoorziening stijgt, wordt het minder vanzelfsprekend om AC als gemeenschappelijke standaard te handhaven.

Ook aan de gebruikskant verandert veel. Kijk eens onder een willekeurig bureau of achter een kast. Tussen de snoeren liggen steeds meer zwarte dozen met een ledje: de voedingseenheid. Computers, televisies, elektronica werkt intern vrijwel altijd op lage gelijkspanning. De bijgeleverde voedingseenheid zet de aangeboden wisselspanning om in gelijkspanning voor de elektronica. Intussen heeft de USB-poort zich ontwikkeld als een soort standaard gelijkspanning stekker. Mensen ervaren het als bevrijdend als ze hun mobieltje met een USB-snoertje rechtstreeks in de muur kunnen pluggen.

Ook sommige grote afnemers hebben voorkeur voor gelijkspanning. Nu al zijn data-centra goed voor 10 procent van het elektriciteitsgebruik in Europa. Wisselspanning is voor hen onnodige ballast.

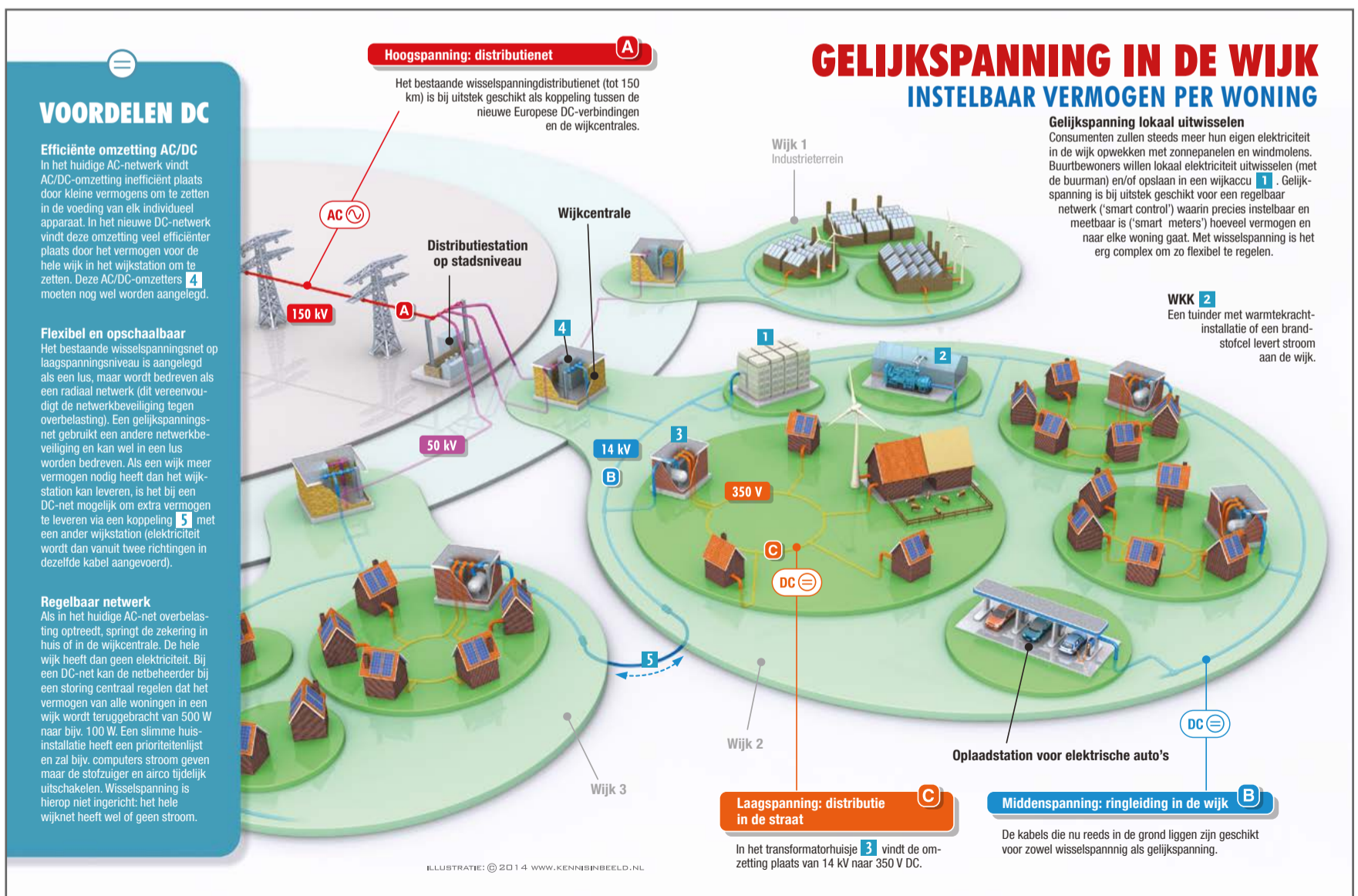
Een gemiddeld Nederlands huishouden gebruikt zo'n 3500 kilowattuur per jaar. Maar juist bij de meest energiebewuste huishoudens kan dat opeens verdubbelen of verdrievoudigen. De twee grote stroomvreters van een modern huishouden zijn de warmtepomp en de elektrische auto. Een warmtepomp is een zuinige manier van verwarming omdat het voor 1 kilowattuur aan elektriciteit wel 3 of 4 kilowattuur aan warmte levert. Een elektrische auto is milieuvriendelijker dan een met verbrandingsmotor. Zeker als je de accu's met groene stroom laadt. Maar het elektriciteitsverbruik is vergelijkbaar met dat van een gemiddeld huishouden.





Als iedereen nu en masse over zou stappen op warmtepomp en elektrische auto, kunnen de netbeheerders het niet meer aan. Ze zouden overal kabels in wijken aan moeten passen aan het hogere verbruik. Zo'n vaart loopt het gelukkig nog niet, maar toenemende elektrificatie van het energieverbruik is wel een trend. Wat vroeger met benzine, diesel of gas ging, zal in de toekomst steeds vaker elektrisch gebeuren. Maar het elektriciteitsnet is daar niet op toegerust.

Het elektriciteitsnet komt zo steeds meer onder spanning te staan. De veranderingen in opwekking en gebruik resulteren in een grotere variatie in teruglevering en belasting van het net. Dat is niet echt ingericht op teruglevering zodat er op een zonnige dag in een wijk met veel zonnepanelen problemen kunnen ontstaan met de spanningskwaliteit. Het net kan zijn stroom nauwelijks kwijt via het distributienet. De spanning kan dan hoog oplopen. Op andere momenten, als de zon onder is en de elektrische auto's aan de lader staan, is juist de belasting weer hoog. Netto verwacht TenneT de





komende jaren een kleine groei (1,5 procent) van het elektriciteitsverbruik in Nederland, maar de schommelingen worden wel groter. Zoals gezegd: het wordt in de toekomst waarschijnlijk steeds lastiger om de balans tussen productie en gebruik van elektriciteit te handhaven. Dat een groeiend deel van de productie zich aan de controle van de netbeheerders onttrekt maakt het er niet eenvoudiger op. Moeten we er ons op voorbereiden dat we in de toekomst wat vaker in het donker komen te zitten? Gemiddeld¹ is dat nu eens in de drie jaar en 27 minuten lang. In Duitsland hoeven ze maar 22 minuten op hun stroom te wachten en in Frankrijk en Engeland zitten ze gemiddeld 80 minuten zonder stroom na een storing. Met een betrouwbaarheid van meer dan 99 procent heeft de Nederlandse klant natuurlijk niks te klagen. Maar in het licht van de gesignaleerde veranderingen is het niet vanzelfsprekend dat het oude elektriciteitsnet zo goed blijft.

De Stichting Gelijkspanning onderkent de veranderingen in opwekking en gebruik en denkt dat lokale gelijkspanningnetten veel problemen kunnen voorkomen. Het model van energieneutrale wijken, waarbij het dan meestal over verwarming en koeling gaat, wil de stichting toepassen op de elektriciteitsvoorziening. Gelijkspanning speelt daar een centrale rol in. De huizen wekken elektriciteit op met zonnepanelen en hebben USB gelijkspanningsaansluitingen. Ze zijn op een DC wijknet aangesloten dat ook een aantal oplaadpunten voor elektrische auto's voedt. Het wijknet beschikt over zowel opslagcapaciteit als een buffer (om kortstondige schommelingen in productie en gebruik op te vangen). De buffer is via een DC/DC omzetter aangesloten op de 3,5; 7 of 14 kilovolt gelijkspanning van DC ringleidingen in de wijk. Op deze DC ringleiding zijn alle DC gebruikers/leveranciers aangesloten zodat er een mooie uitwisseling kan plaatsvinden. In het wijkstation is de ringleiding verbonden met het AC hoogspanning distributienet (50-150 kV). De efficiënte gecentraliseerde AC/DC omzetting vindt in dat wijkstation plaats.

¹ Studie Movares naar Betrouwbaarheid van elektriciteiten in Nederland in 2012. Publicatie: 26 april 2013.



Zo'n DC wijknet heeft voordelen voor de netbeheerder. Die kan namelijk meer vermogen door de bestaande kabels sturen, doordat de DC-spanning hoger gelegd kan worden dan de gebruikte AC spanning. Bovendien vlakken buffers en opslag in het DC wijknet de pieken en dalen in het gebruik af waardoor het distributienet minder belast wordt. De Stichting Gelijkspanning wijst daarnaast op energiebesparing doordat veel van de AC/DC omzettingen uit het systeem vallen en op besparing op koper (ongeveer 20 procent) omdat de leidingen minder dik uitgelegd kunnen worden.

Gelijkspanningstechnologie heeft volgens de Stichting Gelijkspanning ook een democratische component. Aangesloten gebruikers waren al producent geworden. Maar wanneer ze ook de mogelijkheid krijgen om met energie te handelen (inkopen en opslaan wanneer het tarief laag is, en verkopen als de prijs hoog is) wordt een DC wijknet in feite een lokaal energiebedrijf. Mensen worden energiebewuster als ze meer betrokken raken bij productie en inzicht krijgen in hun eigen gebruik, aldus de Stichting. En voor wie dit te futuristisch klinkt: het project stroomversnelling is al begonnen met huurwoningen energieneutraal te maken en te voorzien van een gelijkspanningsnet. De toekomst is begonnen.

Gelijkspanning kruipt van twee kanten het elektriciteitsnet in, constateert een van de geïnterviewden in dit boek. Gelijkspanning staat voor vernieuwing van het elektriciteitsnet. Tegelijkertijd werkt het bestaande net nog uitstekend en zijn de componenten als schakelaars en transformatoren zo degelijk dat ze nog decennia mee gaan.

Hoe een hybride net van gelijkspanning en wisselspanning er uit gaat zien is een open vraag die we in dit boek aan een dozijn experts hebben voorgelegd. Ook nemen we kijkje bij een aantal projecten waar gelijkspanning in de praktijk wordt toegepast.



Gelijk beginnen

3.1 Crisiscentrum op gelijkspanning

Wie niet beter weet, ziet weinig opmerkelijks aan een grote vergaderzaal in het kantoorgebouw van energie-infrabedrijf Joulz. Het meest in het oog springt een prachtige tafel met een blad van glas-in-lood ramen uit het oude GEB-gebouw. Onzichtbaar aanwezig is de meerwaarde van gelijkspanning.

Het is dan misschien niet zo goed zichtbaar, maar er is nog een reden waarom de vergaderkamer opzienbarend is. Er wordt namelijk gebruik gemaakt van gelijkspanning. Businessmanager decentrale en off-grid technologieën Tim Zijderveld drukt op de knop van de televisie. Het beeld springt aan “Kijk het werkt allemaal prima en





volledig op gelijkspanning”, zegt hij. Ook de verlichting en de laptops zijn er op aangesloten. Dat heeft een zeer groot voordeel tijdens een stroomstoring. In de kelder van het gebouw, dat op steenworp afstand ligt van de Erasmusbrug, staan namelijk batterijen opgesteld. “Het gaat om minimaal vier uur aan batterijopslag. Als er geen spanning meer is op het conventionele net, kunnen wij nog wel de noodzakelijke functies vervullen. De communicatie werkt en we kunnen onze monteurs aansturen. Deze vergaderkamer wordt dan het crisiscentrum om de storing te verhelpen”, weet hij. “Wij kunnen iedereen bereiken via onze eigen energievoorziening.”

Zijderveld loopt naar het raam. Hij wijst naar de bovenkant van een lift op een kleine parkeergarage direct onder het venster. “Die zonnepanelen laden via een aparte verbinding het batterijpakket op. Wij wekken de gelijkspanning dus duurzaam op”, benadrukt hij. De kamer ernaast maakt ook nog gebruik van gelijkspanning. Daar staan vier computers met dubbele beeldschermen en een flatscreen televisie. Binnenin het pand lopen allerlei gelijkspanningverbindingen. Beneden in de kelder staat het hart van het project. Een grote kast met daarin 48 batterijen. Het zijn gel-accu’s, waar vrijwel geen onderhoud aan nodig is. Vanaf de batterijkast lopen kabels naar boven. “Vanaf dit punt gaan ze naar de vergaderkamers en de ICT ruimte.”

Zijderveld verwacht dat in de toekomst steeds meer gebruik wordt gemaakt van netten op gelijkspanning. “Het is energiezuiniger; het scheelt al gauw vijf procent. Wanneer je ook nog eens zelf energie opwekt, heb je een voordeel van wel tien procent. Gelijkspanning leent zich er uitstekend voor om decentraal op te wekken en te gebruiken. Wat je via zonnepanelen opwekt, kan je zelf in huis gebruiken.”

“De ontwikkeling van gelijkspanning heeft een tijd stil gelegen. Maar door grote ontwikkelingen in de vermogenselektronica is het nu aantrekkelijker om met gelijkspanning te werken. Dat proberen we te laten zien via dit soort projecten. In ons kantoor tonen we hoe de apparatuur in twee kamers dankzij zonnepanelen, batterijen veilig en betrouwbaar kunnen werken.”



Tom de Vries van CityTec,
een onderdeel van Eneco.





3.2 Zicht op besparingen

Wie momenteel nieuwe straatverlichting aanlegt, gebruikt al gelijkspanning. Daarbij worden namelijk dimbare LEDs gebruikt - moderne verlichting die werkt met elektronica.

“Dat gaat allemaal via gelijkspanning”, zegt product- en innovatiemanager Tom de Vries van CityTec, een onderdeel van Eneco. “Wanneer we de lantarenpalen via een gelijkspanningsinstallatie koppelen, hoeven we minder tussenstappen te maken om wisselspanning om te vormen naar gelijkspanning.” CityTec levert en onderhoudt openbare verlichting.

De voordelen van gelijkspanning zijn groot, stelt De Vries. Er zijn minder verliezen doordat er geen omzetting plaats vindt. Bovendien is er een breed scala aan nieuwe mogelijkheden. Met gelijkspanning zijn de lampen individueel op afstand te beheren. Door integratie van tweewegcommunicatie kan men onder andere de verlichting dimmen en schakelen.

Daarnaast kan men dunnere kabels gebruiken voor het transport van energie. Een besparing van minimaal twintig procent op koper is haalbaar, weet De Vries. Ook zijn er minder componenten nodig. “Met gelijkspanning ontwerpen wij op een slimmere manier waardoor het aantal groepenkasten minder wordt en ook kleiner.”

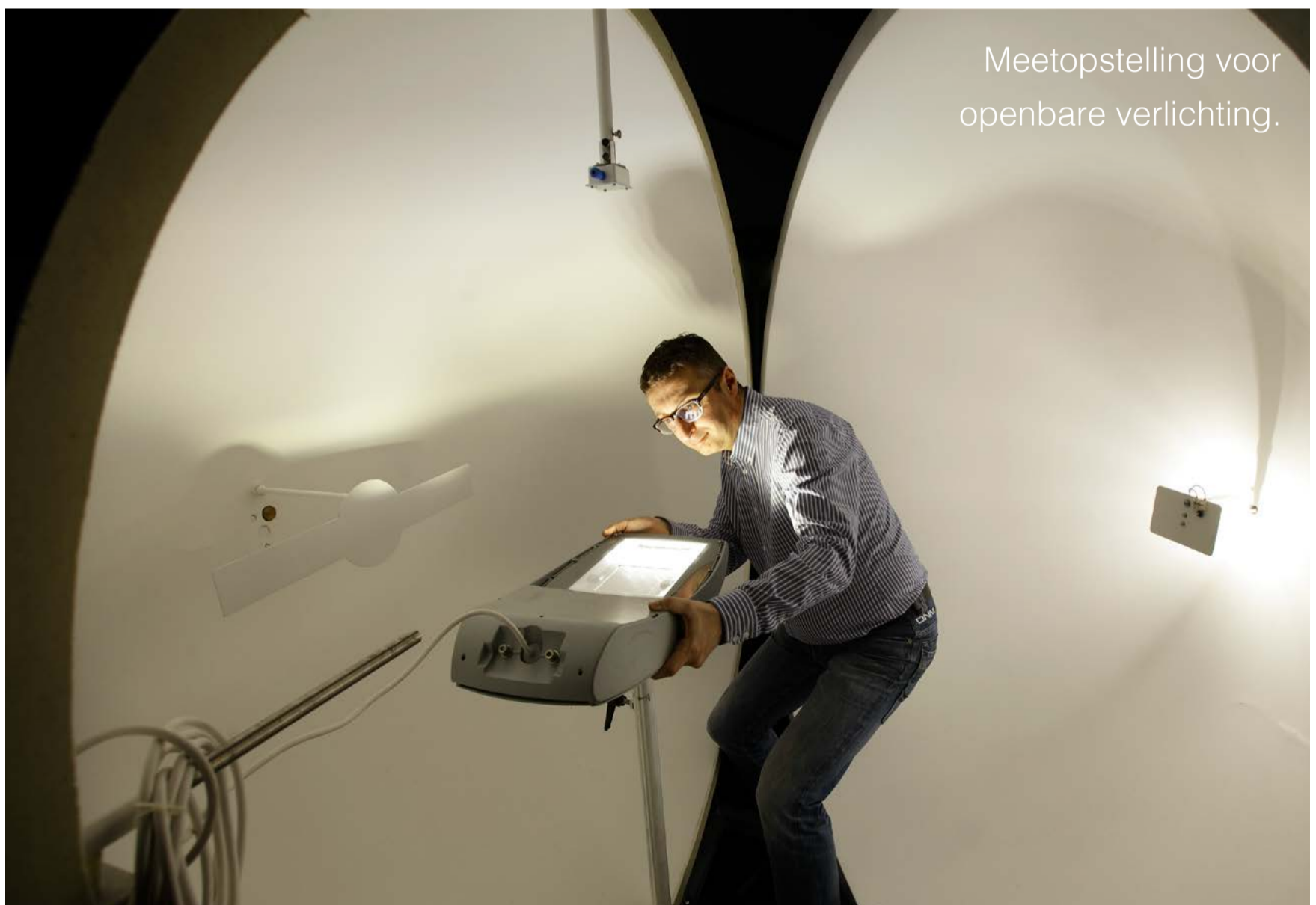
Bovendien gaan componenten langer mee. “Bij gelijkspanning is een aantal gebruikte componenten minder kritisch dan bij wisselspanning”, aldus de product- en innovatiemanager. “Elektrolyten worden niet toegepast - die bepalen normaliter de levensduur van je apparaat - waardoor onderdelen tot twee keer langer mee gaan.”

Nu is het moment om lichtmasten aan te sluiten op een gelijkspanningsinstallatie, volgens De Vries. “Er zijn verouderde energiestructuren, die zestig jaar meegaan en momenteel aan vervanging toe zijn. Als we dat op een duurzame en slimme manier willen doen, kunnen we het beste overstappen op gelijkspanning.” CityTec werkt

ook aan een gelijkspanningsnet voor een heringericht bedrijventerrein. “De kabels blijven gewoon liggen, die zijn nog niet versleten. Wij plaatsen centraal een soort kast die wisselspanning omzet in gelijkspanning en het verdeelt over de lantarenpalen.”

Het is mogelijk om een dergelijke installatie in een cirkel aan te leggen, waardoor er minder overlast is bij verstoringen. “We voeden dan tegelijkertijd vanaf meerdere kanten. Stel dat er op een plek een storing is, dan kunnen we ervoor zorgen dat de lichtmasten toch blijven branden.”

De Vries krijgt veel vragen over de mogelijkheden van een gelijkspanningsinstallatie. “Er is veel interesse. Veel mensen zien de grote voordelen”, benadrukt hij. “Daarom is het belangrijk dat we in de praktijk laten zien welke besparingen en voordelen het oplevert.”

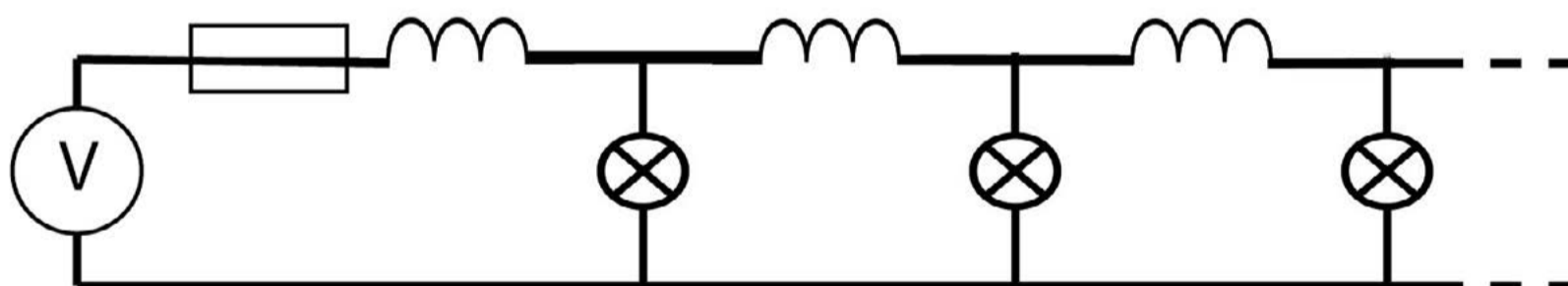


Kabellengte straatverlichting

Je zou liefst zoveel mogelijk lantaarnpalen voeden met één kabel. Wat is eigenlijk de beperking? Bij wisselspanning is dat de inductiviteit van de kabel. Die beperkt namelijk de kortsluitstroom (bij wisselspanning), terwijl die kortsluitstroom een minimumwaarde moet overschrijden om de zekering te laten smelten. Bij een te lange kabel (met een te grote zelfinductie) kan die minimumwaarde bij kortsluiting niet bereikt worden. Dan ontstaat een gevaarlijke situatie doordat de kortsluitstroom niet gedetecteerd en ook niet onderbroken wordt.

Bij gelijkspanning is de kabellengte niet van belang omdat vermogens-elektronica de stroom beperkt en afschakelt bij overschrijding van de maximale waarde (bijvoorbeeld wanneer een kabel beschadigd wordt bij graafwerk). De elektronica reageert meer dan honderd keer sneller dan een zekering.

Doordat de bedrijfsspanning hoger wordt ingesteld, kan de stroom lager blijven. De kabel kan dan dunner uitgevoerd worden, wat grondstoffen scheelt, of je kunt meer palen aansluiten op de reeds liggende kabel.



3.3 Voordeel van gelijkspanning in de kas

“Ik zag meteen grote voordelen. Onze armaturen draaien uiteindelijk allemaal op gelijkspanning”, aldus Nico Romers van verlichtingsbedrijf Gavita Nederland BV.

Een armatuur omvat niet alleen de lamp, maar ook de behuizing, reflector en elektronica om het licht goed te richten. De omzetting van wisselspanning uit het elektriciteitsnet naar gelijkspanning voor de armaturen is omslachtig. Gavita ontwikkelt armaturen, produceert en levert die voor tuinbouwkassen.

Dus toen Romers gevraagd werd mee te werken aan een proefproject om armaturen op gelijkspanning te maken voor de glastuinbouw, was hij al na een paar minuten zeer enthousiast. “De glastuinbouw kent een hoge energiedichtheid. Ik heb een elek-



Groeilicht voor
gebruik in kassen.



trotechnische achtergrond en wist dat gelijkspanning minder verliezen en verspilling betekent. Dat is goed voor de portemonnee en het milieu.”

Gavita levert de armaturen voor een glastuinbouwkas in de Haarlemmermeer. De kas is als smartgrid proefproject aangesloten op een klein gelijkspanningsnet. De kas staat vlakbij het kantoor van Gavita in Aalsmeer, niet ver van luchthaven Schiphol en de A4. Romers is een man van de praktijk. Hij slaat graag spijkers met koppen en wilde daarom niet alleen praten over de mogelijkheden van gelijkspanning, maar het vooral zo snel mogelijk toepassen. “De beste manier om ervaring op te doen, is door het in de praktijk te brengen. Op die manier leren we ervan en verbeteren we het product. Hoe vroeger we zouden beginnen met gelijkspanning, des te sneller we er van profiteren”, aldus Romers.

Hij verwacht dat de tuinbouw veel opschiet met een gelijkspanningsnet. “Besparingen zijn altijd welkom. Afhankelijk van de uitvoering verliezen we bij wisselspanning tussen 25 en 32 watt per doorschakelapparaat, dat er gelijkspanning van maakt voor een lamp. Bij duizend armaturen in een kas, zorgt dat voor vrij hoge verliezen.”

Met gelijkspanning zijn die verliezen lager: “We verwachten dat er per lamp tussen de 9 en 15 watt aan verliezen zijn.”

Toen Romers de armaturen ging ontwerpen, wist hij al dat er geen genormaliseerde gelijkspanning was die voorschreef hoe zijn installatie er precies uit moest zien. “Maar dat vond ik geen probleem. Je moet gewoon gezond verstand gebruiken. De verzekering deed ook niet moeilijk. We hebben ze goed voorgelicht.”

Normaal gesproken maken de elektronische armaturen eerst van wisselspanning gelijkspanning. “Die stap slaan we nu over. We maken daarom direct van gelijkspanning hoog frequente wisselspanning. Dat blijft nodig om de hogedruk natriumlamp goed te laten functioneren. Doordat we de eerste stap overslaan wordt de lamp betrouwbaarder.”

Romers loopt naar de werkplaats en laat twee armaturen zien. Hij schroeft ze open en toont de elektronica. “Hier zie je het verschil”, zegt hij. “Er zit veel minder elektronica



Nico Romers van verlichtingsbedrijf
Gavita Nederland BV.



in de lamp op gelijkspanning. Eén blok hebben we eruit gehaald, omdat we van wisselspanning niet eerst meer gelijkspanning hoeven te maken. Sinds najaar 2012 branden vijftig lampen in de kas. Romers is klaar voor de volgende stap. Hij wil het nu graag groter aanpakken en opschalen naar een project met duizend armaturen. “Dan krijgen we betere cijfers en kunnen we hard maken dat gelijkspanning voordelen biedt. We willen glastuinbouwers laten zien hoeveel ze precies besparen als ze de armaturen aansluiten op een gelijkspanningsnet.”

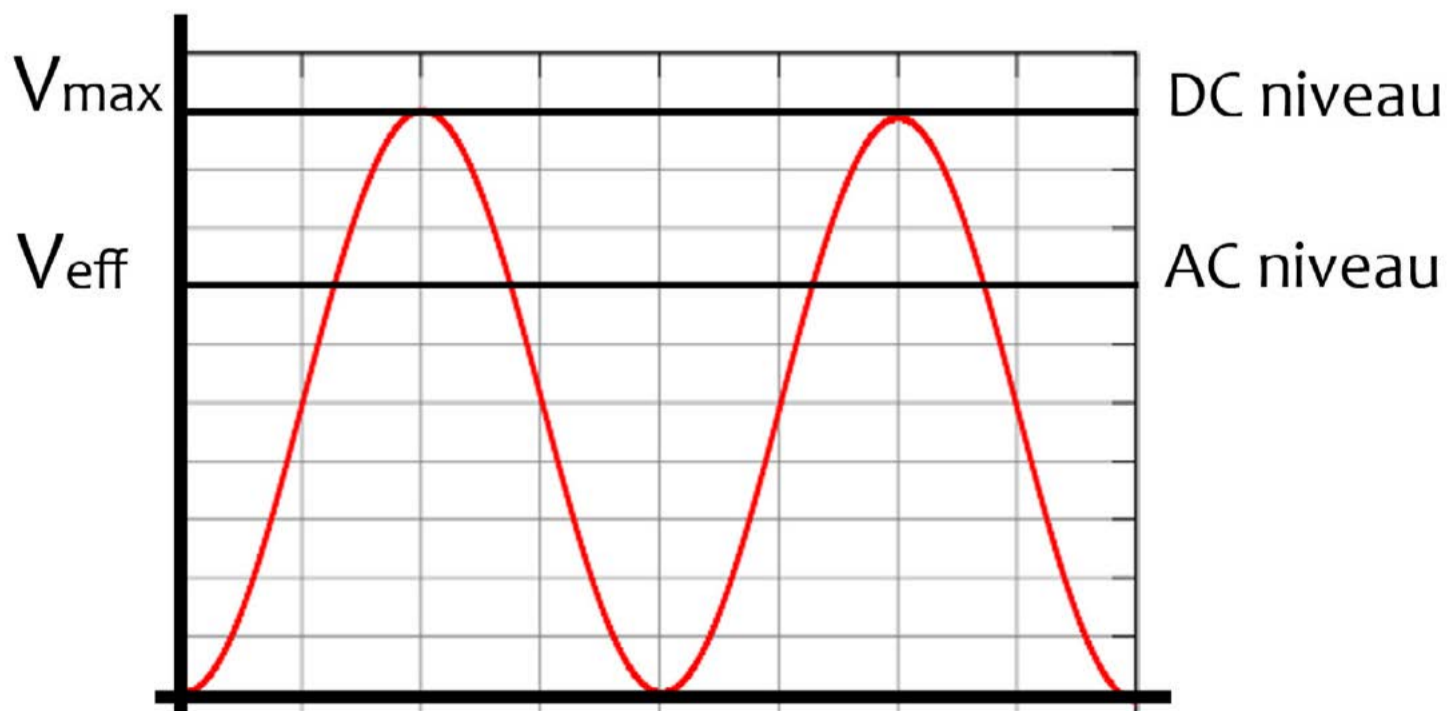
De toepassing van gelijkspanning komt op een goed moment, denkt Romers.

“De glastuinbouw kan vanwege de financiële crisis wel een besparing gebruiken.”

Meer vermogen door zelfde kabel

Met gelijkspanning is meer vermogen door eenzelfde kabel te sturen dan met wisselspanning. Dat zit zo: een kabel heeft een bepaalde maximale spanning. Bij wisselspanning is dat de maximale waarde (amplitude) van de spanning. De effectieve waarde van de wisselspanning is $V_{\max}/\sqrt{2}$.

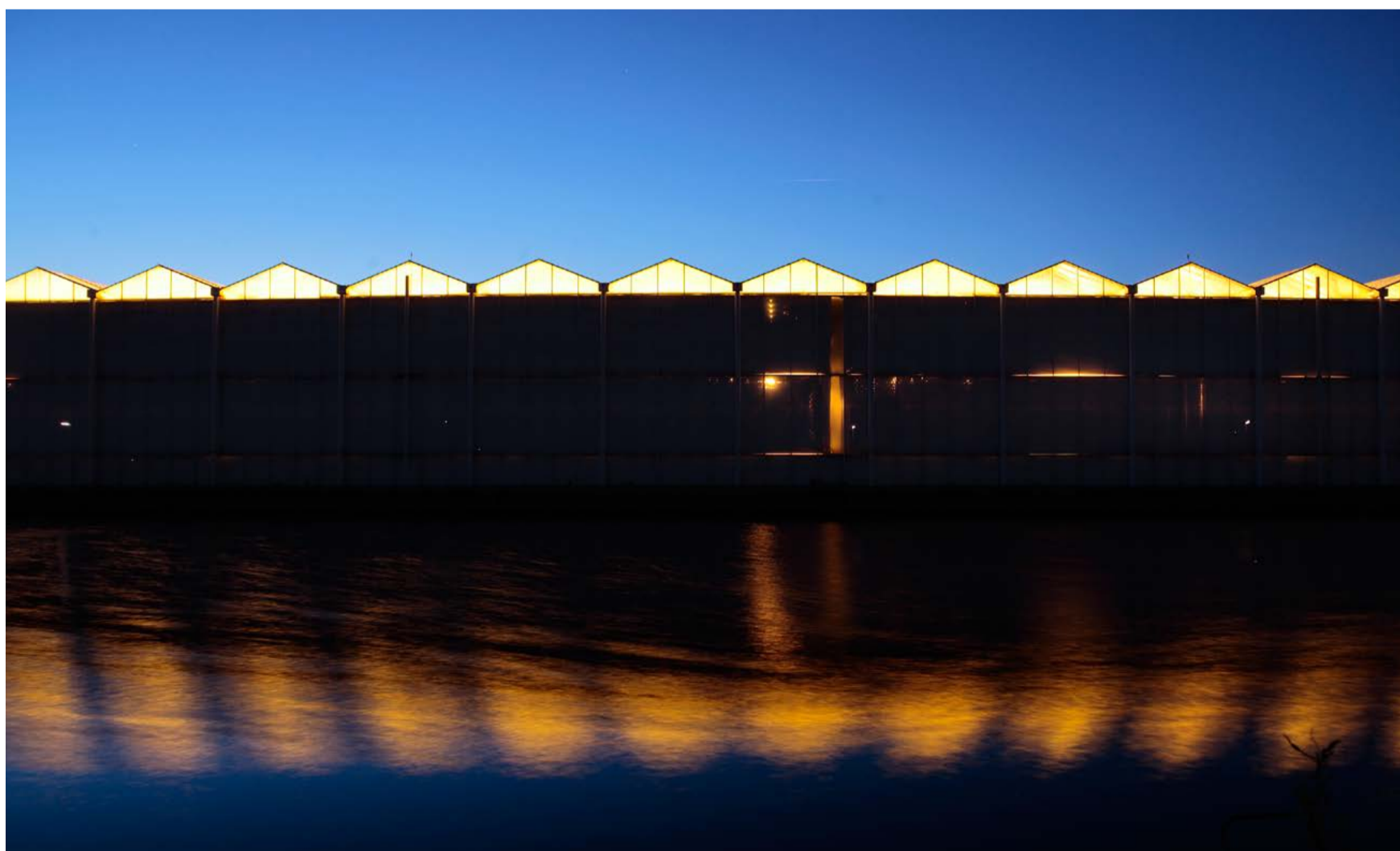
Een gelijkspanning kan op V_{\max} ingesteld worden. Het vermogen $P=V.I$ door de kabel is bij gelijkspanning dan dus $\sqrt{2}= 1,4$ keer groter dan bij wisselspanning. We gaan uit van gelijke stroomsterkte I omdat de maximale waarde daarvan samenhangt met de draaddiameter (die niet verandert).



3.4 DC-netwerk in een proeftuin

Het is er altijd druk. Auto's razen over de A4 en boven je hoofd stijgen en dalen de vliegtuigen vanaf of naar Schiphol. Van de weg en vanuit de lucht hebben reizigers zicht op het glastuinbouwgebied Haarlemmermeer waar momenteel een belangrijke innovatie wordt uitgetest. In dit glastuinbouwgebied ligt namelijk Nederlands eerste proeftuin met een gelijkspanningnet.

In een kas zijn vijftig hogedruk natriumlampen als pilotproject aangesloten op het net. "Er is heel veel belangstelling voor", zegt projectontwikkelaar Rien Braun van Braun Energy Consultancy. "Vrijwel alle kwekers uit de buurt zijn erg enthousiast. Energie is een hoge kostenpost, dus ze zijn geïnteresseerd in innovaties die daar wat aan doen."



De interesse kwam vanzelf, benadrukt Braun, omdat met gelijkspanning de kosten voor de installatie, bekabeling en het onderhoud lager uit pakken.

Achter een transformatorstation van Alliander in de Haarlemmermeer komt het project DC=Decent: Nederlands eerste distributienet op gelijkspanning. Er komen voorlopig eerst twee aansluitingen. Later wordt dit uitgebreid en komt er een net met een vergelijkbare capaciteit van het huidige 10 of 20 kilovolt net. Deze technische broedplaats wordt mede mogelijk gemaakt door RVO.nl als een van de proeftuinen intelligente netten.

Bij de planning van zo'n net komt Braun nog wel hobbels tegen. "We moeten uiteraard veel zelf uitzoeken. Maar denk ook aan de monteurs. Stel dat er wat misgaat bij de verbinding? Dan komen monteurs langs, die alleen verstand hebben van wisselspanning. Hoe gelijkspanning werkt weten ze niet. Ook dat moet opgelost worden."



Hoogvermogen gelijkrichter voor glastuinbouw.
Uitgaande spanning +/- 700 Volt.



Projectontwikkelaar Rien Braun van Braun Energy Consultancy.





Braun stelt voor om monteurs op te leiden. “Ik merk dat netbeheerders daar best aan mee willen werken, net zoals met de normering. Al kijken ze nog wel met argusogen.” Een smartgrid proeftuin, zoals nu in de Haarlemmermeer, is daarom zeer belangrijk volgens de projectontwikkelaar.

Door over te stappen van wissel- op gelijkspanning is het eenvoudiger om met de capaciteit te schuiven. “Bovendien heb je dan een eigen net en kun je daar flexibeler zijn. Naar gelang het aanbod of de vraag kun je alles aanpassen.”

Stel dat een tuinder lampen wil testen en meer vermogen nodig heeft. Dat is mogelijk door tijdelijk toe te staan dat de tuinder meer vermogen afneemt. Dat bedrijf hoeft niet constant een heel hoog bedrag voor de elektriciteit te betalen. Bovendien kan het straks op afstand geregeld worden, niemand hoeft er naar toe om het in orde te maken. “Veel tuinbouwers lopen momenteel tegen een elektrisch capaciteitsgebrek aan”, aldus Braun. “En het is ook een lastig probleem voor netbeheerders. Bij een net met gelijkspanning is dat veelal eenvoudiger te regelen.”

Braun is zeer positief over het koppelen van zonnepanelen aan een gelijkspanningsnet. In de Haarlemmermeer komt een ZonPV weide (een veld met zonnepanelen). “Die koppelen we graag aan het distributienet. Maar dat is nu nog toekomstmuziek”, weet hij. “Het zou mooi zijn om ook zonnepanelen te plaatsen op het brugrestaurant boven de het Van der Valk hotel. Die zijn goed zichtbaar. Ze kunnen misschien de elektrische bus voeden die van het hotel naar Schiphol rijdt.”

3.5 De wording van ‘Harry Gelijkspanning’

Ondernemer Harry Stokman uit Aalsmeer raakte er rond 2007 van overtuigd dat de toekomst van de elektriciteitsvoorziening in gelijkspanning ligt. Sindsdien probeert hij zoveel mogelijk mensen, bedrijven en instanties bij zijn visie te betrekken. Daartoe richtte hij de stichting gelijkspanning op en ook dit boek is op zijn initiatief tot stand gekomen. Maak kennis met de man achter de visie.

Halverwege de jaren zeventig fietst een schooljongen vanuit Aalsmeer naar zijn school in Uithoorn. Tien kilometer langs de provinciale weg. Een transformatorfabriek op het industrieterrein waar hij dagelijks langskomt trekt zijn aandacht. Op school vraagt hij zijn leraar er eens naar. Primaire en secundaire windingen, lamellen, weekijzer, gelijkrichters, condensatoren, koellichamen – alles wilde het joch ervan weten: wat het was en wat het deed.

“Het had iets moois,” vertelt hij een kleine veertig jaar later. “Het is mechanisch én elektrisch. Een voeding is majestueus als een sportwagen: mooi vormgegeven power waardoor het iets bruuts heeft. Die combinatie sprak me aan.”

Zo groeide bij de dertienjarige Harry Stokman, geboren op 16 januari 1963, een doel en een overtuiging: “Die ga ik maken. Dat ga ik dus doen.”

Als zoon van een rozenkweker had hij al vroeg meegekregen dat je niet voor een baas ging werken, maar zelf moest ondernemen. Dat gold voor de hele familie. Ooms waren tuinder, restauranthouder, aannemer, bloemenhandelaar of hadden een vervoersbedrijf. Het ondernemen past ook goed bij Aalsmeer, dat met 3.300 inschrijvingen bij de kamer van koophandel op 30.000 inwoners tot een de meest ondernemende gemeenten van Nederland gerekend moet worden.



Harry Stokman, ondernemer in gelijkspanning.





In het vrijzinnig katholieke milieu waar Harry opgroeit was de welvaart goed zichtbaar. Men woonde er in ruime huizen, had vaak een tweede huis in Spanje, reed rond in grote auto's en gedroeg zich met bravoure. Het was een luxe en comfortabele jeugd. Maar vader Stokman maakte wel duidelijk dat je moest werken voor je geld. Toen Harry bijvoorbeeld een nieuwe fiets nodig had ging zijn vader met hem mee en vroeg de fietsenhandelaar naar de goedkoopste fiets. Dat was dan een 'raar krot'. "Prima. Die krijg je van ons." De rest, voor een betere fiets, moest hij maar bijbetalen van het geld dat hij verdiende met het rozen snijden.

Harry was een lange jongen, en dat was een van de redenen dat men hem niet had willen laten zitten op de lagere school. Dat zou de afstand met de anderen te groot maken. Maar zijn prestaties met taal waren zwaar onder de maat. "Als ik een keer een vijf haalde, dan plakte de juf er een plaatje bij en schreef: goed zo Harry, ga zo door." In de jaren zeventig bestond het begrip dyslexie nog niet – je was gewoon een slechte leerling.

Op aandringen van zijn moeder ging Harry na de lagere school door naar de mavo. Dat werd geen succes. Hij hield het een jaar vol en haalde memorabele resultaten voor zijn talen: 1, 2 en 3. Men adviseerde een praktijkschool en ging ervan uit dat Harry wel een baantje in de kas zou vinden bij zijn vader, maar het werd de lagere technische school in Uithoorn. En op weg daarheen kwam Harry langs de transformatorfabriek die een groot deel van zijn toekomst zou bepalen.

Aangemoedigd door zijn leraar op de technische school stapte Harry de fabriek van Zekveld binnen om te vragen naar oude trafo's om zelf wat aan te knoeien. Dat werden kleine 1-fase trafo's van 500 en 1.000 watt. Daarmee bouwde Harry zijn eerste voedingen, maar dan moest hij wel eerst meer weten van de elektronica. Hij begon erover te lezen, hij soldeerde printjes in elkaar en kocht van zijn spaargeld wat meetapparatuur, waaronder een oscilloscoop. Harry was toen vijftien jaar. In het weekend sneed hij rozen in de kas, en doordeweeks werkte hij aan zijn eigen bedrijfje HSE (Harry Stokman Electronics).



Mensen begonnen het talent in hem te herkennen. Bij Zekveld zagen ze hem steeds vaker, en hij vroeg hen de oren van het hoofd. Waar is dit voor, waar dient dat voor en hoe werkt het eigenlijk? Ook op de LTS viel zijn gedrevenheid op. Men begon te denken aan een vervolg via de MTS, maar dan moest hij de LTS op C-niveau afsluiten. Nu waren de technische vakken ‘subliem’, maar Nederlands en Engels bleven zwak, zelfs al werd zijn werk welwillend beoordeeld. Aan het eind van de LTS had Harry zijn eerste gestabiliseerde voeding gemaakt met een instelbare spanning tussen 0 – 30 Volt. Trots als een aap was hij erop. Temeer omdat hij alles eraan zelf had ontworpen en gebouwd.

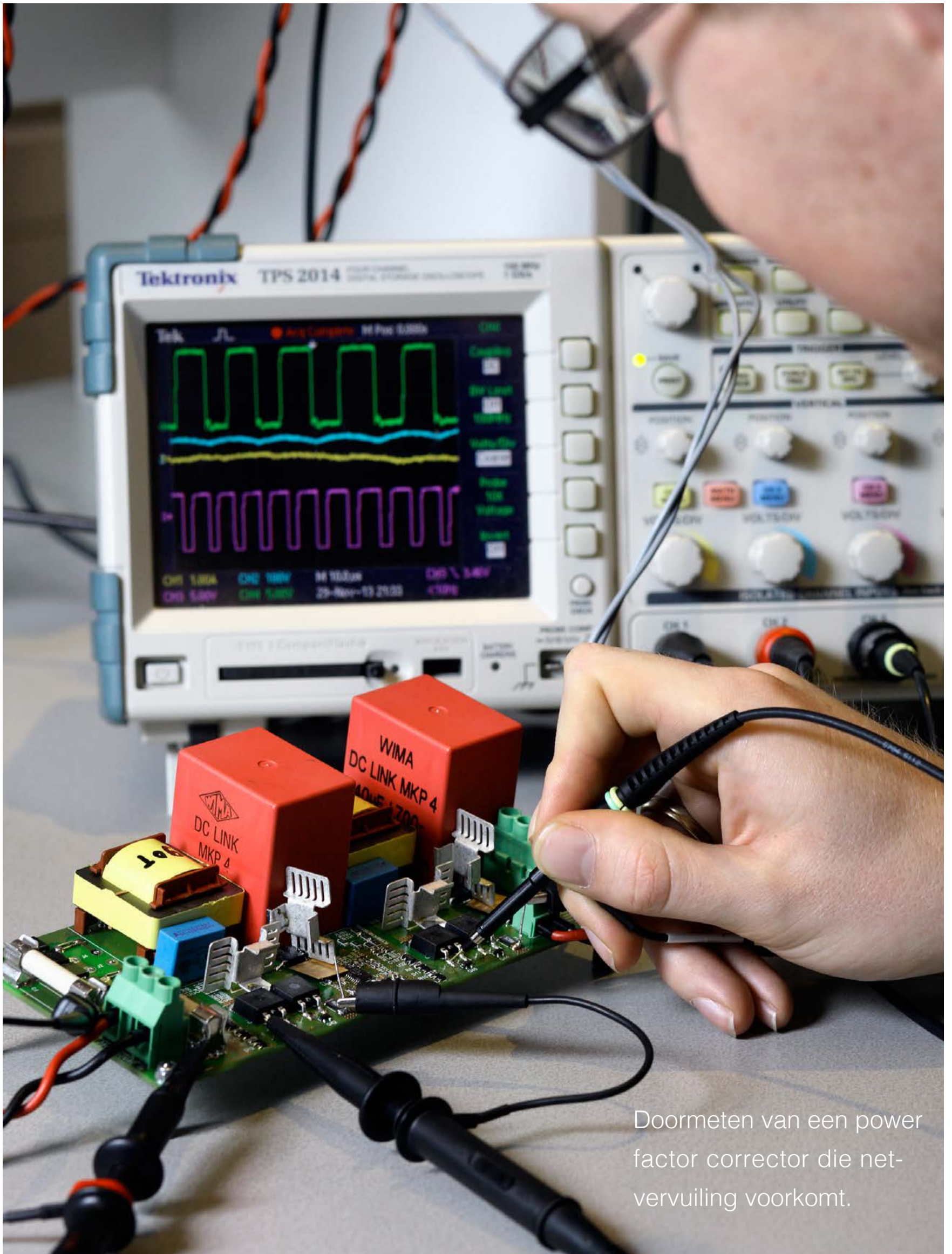
Een leraar ging met hem mee naar de ETS (elektrotechnische school) om zijn zaak te bepleiten. Officieel mocht je voor toelating maar één vak op B-niveau hebben en Harry had er twee (Nederlands en Engels). Ze begrepen wat er aan de hand was en lieten Harry toe op de school onder één voorwaarde: “Als je bij Nederlands of Engels je proefwerk terugkrijgt, moet je er niet over zeuren.” De taaldocenten hadden besloten geen struikelblok te vormen. “Op ons vak blijf je niet zitten.”

Op de ETS gold Harry als snel als voedingsspecialist en maakte er verschillende ontwerpen. Twintig jaar later vertelde een docent hem dat zijn voeding uit die tijd het meest gekopieerde ontwerp van de hele school was.

In mei 1988 sloot hij de HTS af en startte zijn eigen bedrijf voor controllers van gelijkrichters voor hoge vermogens. Hij ontwikkelde de eerste computergestuurde gelijkrichters met digitale aansturing – een unicum in die tijd. Daarmee werd hij een leverancier voor Zekvelds bedrijf Hellas, maar hij wilde meer. Zekveld zelf was toen al 70 jaar, en stemde uiteindelijk in met een overname. Het was 1998, 22 jaar nadat Harry geïntrigeerd werd door de transformatorfabriek aan de Turfstekerstraat. Al snel groeide het bedrijf uit z’n jas. Maar toen een samenwerking met een ander bedrijf verkeerd uitpakte, raakte Hellas in problemen.

Precies op Harry’s 44ste verjaardag belde de curator aan. Hij werd ontvangen met gebak. ‘Je maakt zeker een doorstart?’, vroeg de beheerder. En dat was inderdaad de bedoeling.

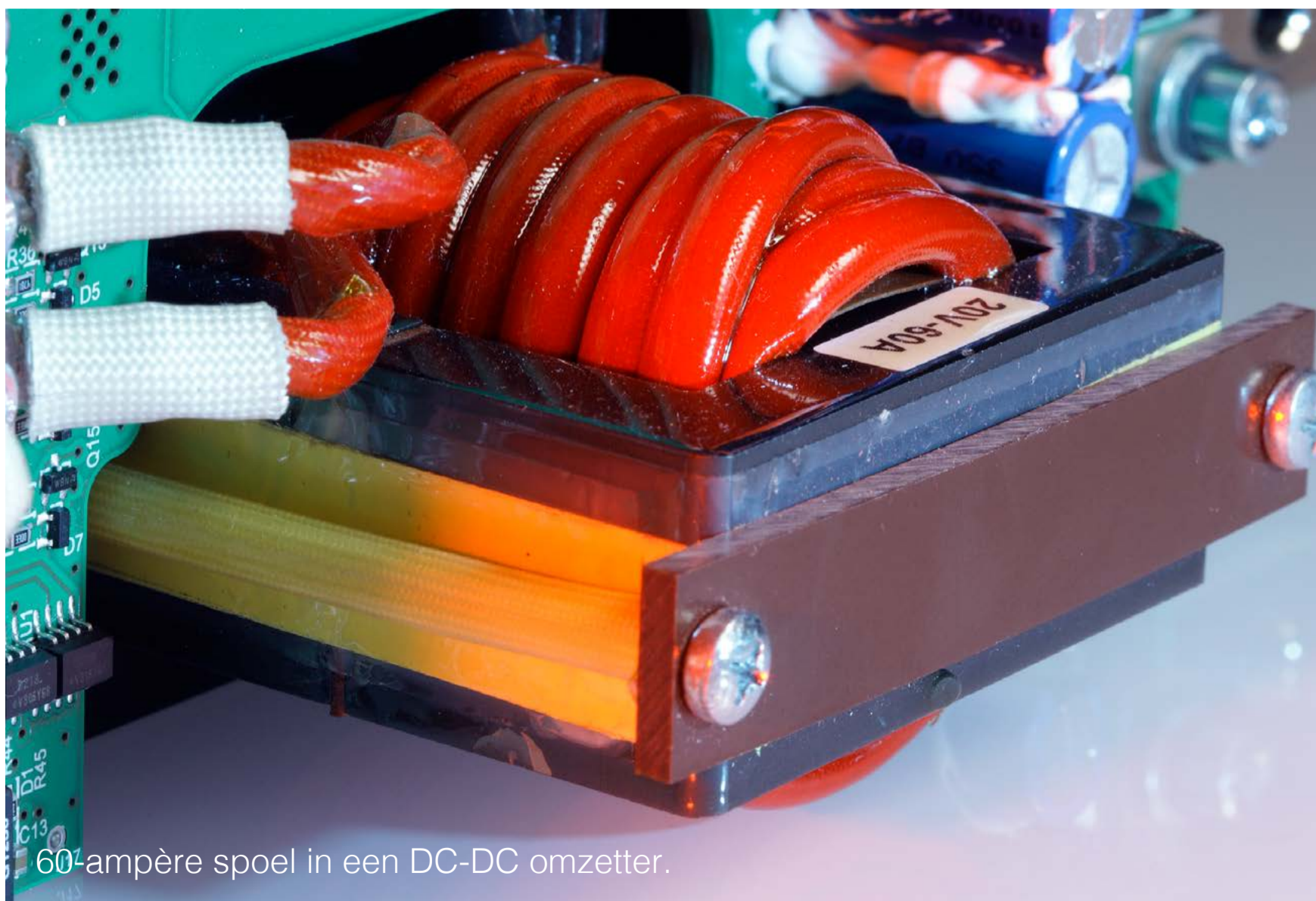




Doormeten van een power factor corrector die netvervuiling voorkomt.

De nieuwe fabriek van Hellas opende in 2006 in Eindhoven omdat daar voldoende goed geschoold personeel beschikbaar was. Maar Harry zelf kon er moeilijk aarden. Hij mistte het weidse land en het water en ging dus maar forenzen: zo'n 240 kilometer op een dag.

Gelukkig was hij ook veel op reis omdat zijn producten de hele wereld over gingen: Azië, Midden-Oosten, Midden- en Zuid-Amerika, Afrika. Overal was behoefte aan gelijkspanningvoedingen om corrosie tegen te gaan. Bij kathodische bescherming wordt de pijpleiding, sluisdeur of havensteiger verbonden met de minpool van een gelijkspanningvoeding. De pluspool wordt met de anode verbonden die contact maakt met de omgeving (het zeewater of de bodem). Door de potentiaal van de structuur te verlagen wordt die beschermd tegen corrosie. In Nederland zijn bijvoorbeeld de deuren van de Haringvlietdam aangesloten op gelijkspanningvoedingen uit Harry's fabriek.



60-ampère spoel in een DC-DC omzetter.

De kathodische bescherming bracht hem op de mooiste locaties, waar hij dan fijn kon duiken. Maar er viel hem ook iets anders op.

De gelijkrichters aan het eind van de lijn veroorzaakten vaak grote ellende in het elektriciteitsnet: de sinusvorm werd verstoord door hogere frequenties ('harmonischen' genoemd) en spanning en stroom begonnen uit fase te lopen. Grootafnemers zagen zich genoodzaakt om compensatiemaatregelen te nemen om boetes te voorkomen. Harry begreep dat de opkomst van gelijkspanning tot problemen zou leiden in het wisselstroomnet en trok een drastische conclusie: "Eigenlijk moeten we over op gelijkspanning. Ik wist immers hoe prettig gelijkspanning te regelen is."

In 2009 richtte Harry in Aalsmeer een tweede bedrijf op: Direct Current (Engels voor gelijkstroom) met als missie om de elektriciteitsvoorziening te 'dc-ficeren' door te ontwikkelen wat er nog ontbrak: beveiligingen, schakelaars en een systeemontwerp voor gelijkspanning.

Ook ging hij systematisch op zoek naar draagvlak voor zijn visie: een toekomst met gelijkstroomnetten. Daarvoor zette hij de Stichting Gelijkspanning op die verbindingen moest gaan leggen met afnemers, netbeheerders, toeleveranciers, politiek, onderzoek, overheid en onderwijs.

Afnemers zag hij genoeg om zich heen: datacentra, Schiphol dat vliegtuigen van gelijkspanning wil voorzien en tuinders. Hij begon met tuinders omdat die als zelfstandige ondernemers snel kunnen beslissen.

Ook energie-infrabedrijf Joulz had interesse en stapte met Direct Current en Siemens Nederland in een duurzame proeftuin voor gelijkspanning in het glastuinbouwgebied in de Haarlemmermeer met de naam DC=Decent.

Wat nog ontbrak, was de politiek. Als fervent D66 lid meldde Harry zich in 2010 aan om mee te schrijven aan het verkiezingsprogramma. Harry wist de anderen van het nut van gelijkspanningsnetten te overtuigen. In het programma staat nu dat D66 pleit voor nader onderzoek van gelijkspanningsnetten. "Ik ben nog steeds actief in de werkgroep infrastructuur," vertelt hij. "Maar nu op een abstracter niveau. Ik wil niet dat ze zeggen: daar heb je Harry Gelijkspanning weer."



Voor het onderwijs nam hij contact op met de Haagse Hogeschool in Delft. Samen met technisch bedrijfskundige Pepijn van Willigenburg en vakdocent Johan Woudstra zette hij een lesprogramma op onder de vlag van een SIA-RAAK project (Stichting Innovatie Alliantie – Regionale Aandacht en Activering van Kennis). “De sneeuwbal is gaan rollen, en er plakt een heleboel aan”, vat Harry de recente ontwikkelingen samen.

Het meest recent is het project Stroomversnelling waar de vier grootste bouwondernemingen bij betrokken zijn (Ballast-Nedam, Strukton, BAM en Dura-Vermeer). Het project beoogt de verduurzaming van 110 duizend woningen in de sociale woningsector in de komende tien jaar. In totaal komen er 2,4 miljoen woningen voor in aanmerking. Harry is ervan overtuigd dat een dergelijk net het met lokale opwekking en opslag best werkt met gelijkspanning: “Vroeg of laat kom je er achter dat DC de beste mogelijkheden biedt.”

3.6 Nupharo: bedrijvenpark op gelijkspanning

In het Tsjechische Zdarek, niet ver van de Duitse grens, komt industriegebied Nupharo. Het wordt een broedplaats van technisch vernuft en onderzoek naar de mogelijkheden van gelijkspanning.

Nupharo krijgt een eigen gelijkspanningsnet, dat mede werd ontworpen door Tim Zijderveld, businessmanager decentrale en off-grid technologieën van energie-infra-bedrijf Joulz. “We zijn hiermee aan het pionieren. Het is zeldzaam om zo’n net op te zetten, maar we weten natuurlijk zeker dat het kan. De projectontwikkelaar kan nu een degelijk net aanleggen, dat uitstekend werkt zodat we de mogelijkheden van gelijkspanning kunnen laten zien.”

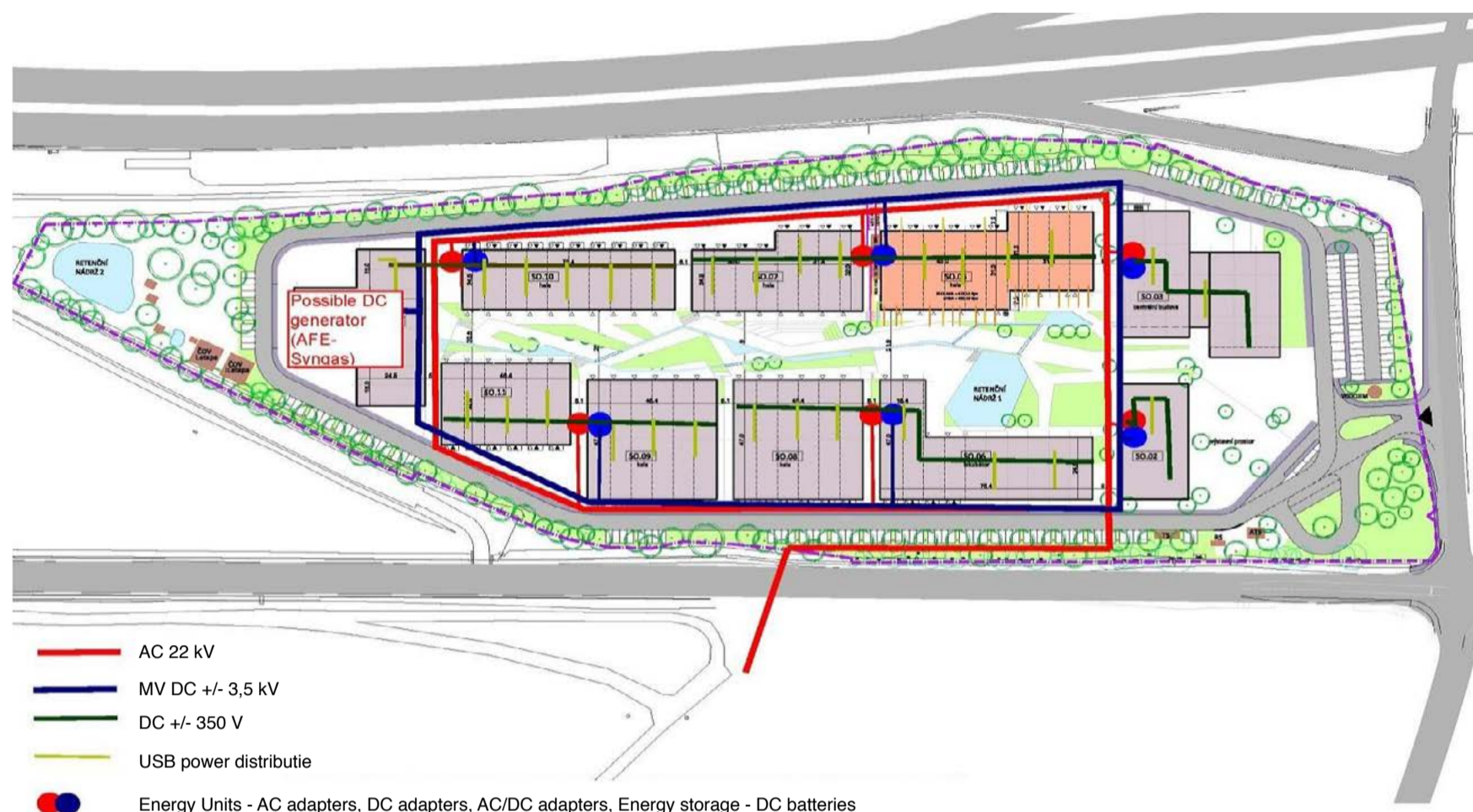




Het net moet minimaal vijftig jaar mee gaan. “Voor zo’n tijdsperiode maken netbeheerders keuzes, natuurlijk niet voor de komende drie jaar”, stelt Zijderveld. “Hoe het net precies aangelegd moest worden, dienden wij helemaal zelf uit te denken. Voor wisselspanning bestaan er wel standaardmodellen en is er een gestandaardiseerde spanning. Daaruit wordt bijvoorbeeld afgeleid hoe dik een kabel moet zijn. Maar voor gelijkspanning bestaat dit niet. Een net van deze omvang aanleggen voor gelijkspanning was al heel lang niet meer gedaan.”

In totaal worden er twaalf gebouwen aangesloten op het lokale gelijkspanningsnet. Op het lokale net komt voor de langere verbindingen plus en min 3.500 volt gelijkspanning. Per twee gebouwen wordt een onderstation geplaatst waar het spanningsniveau verlaagd wordt naar 350 volt en tegelijkertijd twee panden voedt. Bovendien is 350 volt eenvoudig te verdubbelen naar 700 volt, vanwege de spanning tussen de plus en de min. Hiermee wordt een alternatief geboden voor de AC krachstroom. De aansluiting van 350 volt bij gebouwen is een bewuste keuze. Dat is compatibel met vrijwel alle 230 volt wisselspanning. Veel adapters van apparaten zijn niet meer nodig.

De stopcontacten krijgen waarschijnlijk ook USB PD (Power Delivery) poorten, zodat je er diverse elektrische apparaten direct op aan kunt sluiten. In het ontwerp zijn ook zonnepanelen opgenomen. In tweede instantie zijn er ook windturbines gepland, zodat een groter gedeelte van de energiebehoefte door Nupharo zelf wordt opgewekt. De bedrijven op Nupharo werken allemaal aan nieuwe technologieën die te maken hebben met gelijkspanning. Het moet de broedplaats worden van creativiteit en nieuwe mogelijkheden. De Europese Unie investeert tot 2020 fors in dit bedrijventerrein. Naast Joulz zijn ook bedrijven als Philips en ABB actief betrokken bij de ontwikkeling van Nupharo. De TU Delft is ook in overleg om er onderzoek te doen en ondersteunt de ontwikkelingen. Onder meer hoogleraar future energy systems Ad van Wijk is erbij betrokken. Zijderveld: “Ze hebben een sterk gezamenlijk verhaal. Allemaal willen ze laten zien wat er mogelijk is met gelijkspanning. Van



nieuwe kabels en stopcontacten met USB-poorten speciaal voor gelijkspanning tot een onderzoek naar de mogelijkheden van een internet of things.”

Dit soort demonstratieprojecten zijn van groot belang voor de ontwikkeling van gelijkspanning, benadrukt Zijderveld. “We hebben ze nodig om de netbeheerder te laten zien dat gelijkspanning een realistische keuze is. Over veertig jaar moet het net nog steeds zijn waarde hebben. We willen daarom zeker geen experimenten in de grond leggen, maar bewezen technologie. Wij gaan met dergelijke projecten aantonen hoe alles werkt.”

Nupharo zorgt er ook voor dat onderzoekers beter inzicht krijgen in de spanningsniveaus die nodig zijn. “Daardoor kunnen we serieus doorrekenen hoeveel we besparen. De combinatie met zonnepanelen is ook heel sterk. We laten straks zien hoe we omgaan met spanningsdips.”

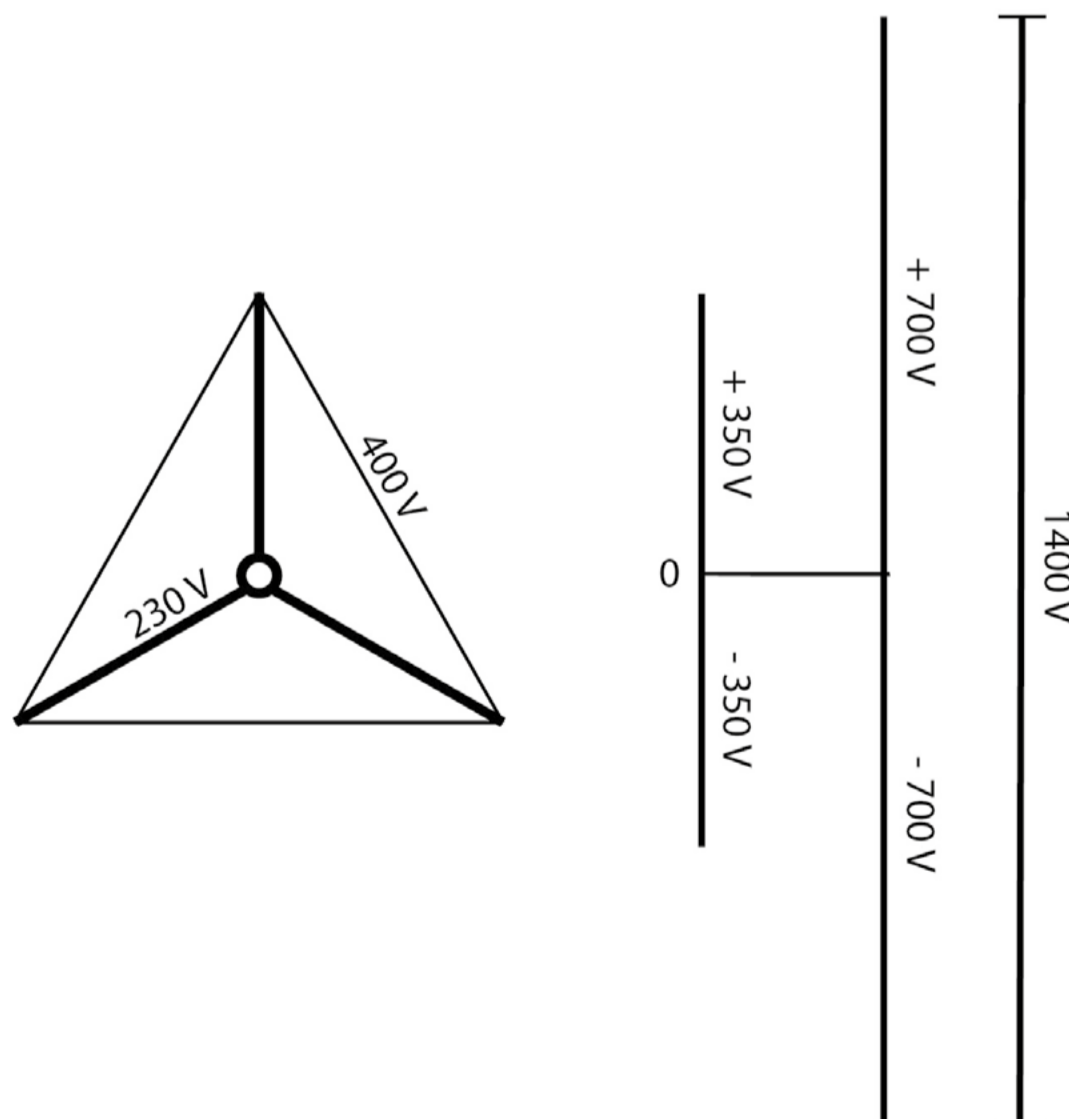
Naast Nupharo staan ook andere initiatieven op stapel. Zijderveld voert veel gesprekken met belangstellenden. Neem de luchthaven van Lelystad en het bedrijventerrein dat er naast ligt. Ook daar is interesse in de toepassing van gelijkspanning. Bij de

renovatie van woonwijken (zie 4.7 project Stroomversnelling) wordt nu ook aan gelijkspanning gedacht, weet Zijderveld. “Het is nog pril, maar we zijn in gesprek met verschillende partijen om in de praktijk te laten zien dat gelijkspanning ook daar de toekomst heeft.”

Spanningsstandaards

Voor wisselspanning is de standaard voor laagspanning driefase 230 volt, waarbij de spanning tussen twee fasen $230 \cdot \sqrt{3} = 400$ volt bedraagt. Per fase is het maximale vermogen bij 10 ampère dus 2.300 watt.

Bij gelijkspanning is de standaard +/- 350 volt voor kleine gebruikers (huishoudens), +/- 700 volt voor grootverbruikers (waar bij wisselspanning een krachtstroom aansluiting voor gebruikt wordt) en 1.400 volt voor het krachtnet. Daarbij levert één kabel bij 10 ampère maximaal 14 kilowatt.



3.7 DC bij vredesmissie in Mali

Voor de stroomvoorziening van de Nederlandse vredesmissie in Mali is gelijkspanning de ruggengraat. Op een locatie verder dan het spreekwoordelijke Timboektoe moet je een eigen energie-eiland bouwen om communicatie, servers, airconditioning en al het andere op te laten draaien.

Traditioneel vertrouwdde het leger daarbij op dieselgeneratoren, maar dat is veranderd. In de Mali-missie zijn flexibele zonnepanelen de belangrijkste energiebron. Ze worden op doek over de verblijven gespannen en leveren, naast een welkome schaduw, een totaal piekvermogen van 100 kilowatt. Daarnaast is er een aantal dieselgeneratoren die 380 volt wisselspanning leveren.



Extreem platte Lithiumpolymeer cellen.



Op de tekening van Cor Meedendorp, managing partner van Energy Storage Technologies (ESTechnologies), staat alles aangesloten op twee dikke strepen die midden over het papier lopen: de DC-bus.

In werkelijkheid bestaat de DC-bus uit twee dikke koperen rails waartussen 700 volt gelijkspanning staat. Alles is er op aangesloten: de zonnepanelen en de generatoren via omvormers die gelijkspanning respectievelijk wisselspanning omzetten naar de DC busspanning.

Aan de kant van de afnemers levert het systeem via omvormers alle smaken elektriciteit die je nodig kunt hebben: 230 volt 50 hertz, 120 of 240 volt 60 hertz voor Amerikaanse bezoekers en desgewenst 400 hertz (voor speciale militaire apparatuur). Daarnaast is er natuurlijk DC voor de elektronica.

Een aantal door ESTechnologies ontwikkelde lithiumpolymeer batterijpakketten, elk zo groot als een koelbox, vormen de buffer voor het geheel. Ze zijn ontworpen om rechtstreeks aangesloten te worden op de DC-bus en om de spanning constant te houden. Stroom vloeit dynamisch in en uit de batterijen al naar gelang de hoeveelheid zon en de vraag. Indien nodig start het besturingssysteem de dieselgeneratoren op. “Het systeem steunt op de batterijen”, zegt Meedendorp. Hij ontwerpt en bouwt al dertig jaar lang elektrische systemen voor van luxe megajachten en recenter ook voor commerciële schepen. Vroeger ging dat met loodaccu's die spreekwoordelijk zwaar zijn, langzaam laden en eigenlijk liefst vol geladen moeten blijven. Meedendorp heeft lang en ver gezocht naar de ideale batterijcel en vond die uiteindelijk in Korea. Hij laat er een zien: een metalen doos zo groot als een laptop, maar dunner en in een plastic map. Twee platte polen steken eruit als zwart en rode tabbladen. Dat is de basis. ESTechnologies stelt uit die lithiumpolymeer cellen 26 of 52 volt batterijen samen die tien maal lichter zijn dan loodaccu's met dezelfde capaciteit en veel sneller (ont)laden. In drie kwartier zijn de accu's geheel geladen, claimt Meedendorp, waarbij regelelektronica de energie balanceert tussen de batterijen en binnen een batterij tussen de cellen onderling.



Cor Meedendorp (links), ESTechnologies en Kapitein Ben Reulink, Defensie.





Kapitein Ben Reulink heeft het ontwerp vanuit defensie begeleid. Ook hij is bekend met scheepssystemen: als matroos kroop hij over de loodaccu's in een onderzeeër om deze te onderhouden. Reulink weet dat er aan militaire systemen extreme eisen worden gesteld qua robuustheid, capaciteit en bedrijfszekerheid. Anders dan in de burgermaatschappij is voor militairen de goedkoopste oplossing niet perse de beste. "Daar moet ik onze financiële mensen wel eens van overtuigen." Reulink en zijn genie-collega's zijn straks in Mali verantwoordelijk voor een betrouwbare stroomvoorziening.

ESTechnologies ontwikkelt nu een 10-voets energiecontainer met hun accu's en een opslagcapaciteit van 275 kilowattuur. Dat kan een onderdeel worden van een mobiele energievoorziening, maar ook de kern van een eilandnetwerk, bijvoorbeeld aan het eind van een leiding.

Meedendorp ziet een rol voor zijn accu's in het toekomstige energiesysteem omdat ze de pieken en dalen van kleinschalige productie uit zonnepanelen en slimme verwarmingsketel kunnen vereffenen. Dat kan voordelig zijn voor de particulier (qua stroomtarief) en netbeheerder (minder belasting van het net). Het zou niet de eerste keer zijn dat een nieuwe technologie zijn oorsprong vond bij defensie. Het world wide web, Google maps en GPS zijn ook allemaal begonnen als project van het Amerikaanse legeronderzoeksinstituut Darpa.



3.8 Renovatie op gelijkspanning

In het project Stroomversnelling, Nederlands grootste renovatieproject ooit, speelt gelijkspanning een centrale rol. “DC verlengt de levensduur van de componenten.”

Het groene akkoord dat vier bouwers en zes woningcorporaties in juni 2013 sloten in het bijzijn van minister Stef Blok was een vrucht van de crisis, wil Sjoerd Klijn Velderman (hoofd business development BAM Woningbouw W&R-Renovatie) wel toegeven. Zonder de crisis was nooit het idee ontstaan om 11 duizend woningen zo te renoveren dat ze energieneutraal zouden worden. En daarna volgen er nog eens 100 duizend woningen. In totaal komen er in Nederland 2,4 miljoen woningen van voor 1980 voor zo'n energierenovatie in aanmerking. Voor de crisis dacht niemand aan renovatie. Bouwers werden niet uitgedaagd en stampten het ene na het andere



gebouw uit de grond. Corporaties dachten dat ze slapend rijk werden en gingen met hun kapitaal speculeren.

Ging men voorheen uit van slopen en nieuwbouw, nu is men gaan beseffen dat er geld vrijkomt door woningen energieneutraal te renoveren.

Klijn Velderman begon met zijn eigen huis uit 1904 waarvoor hij maandelijks 360 euro aan energie betaalde. Over vijftien jaar tijd is dat 65 duizend euro. Hij besteedde dat aan een 'nul op de meter' energierenovatie en voorziet nu in zijn eigen energie. Dat moet ook in het groot kunnen, bedacht hij. Als je uitgaat van 180 euro energielasten in de sociale woningsector, betekent dat over 15 jaar een kapitaal van ruim 30 duizend euro.

Door de woningen energieneutraal te maken kunnen corporaties dat geld zelf besteden in plaats van het naar een energiebedrijf over te maken. De bewoners houden dezelfde maandlasten en gaan er in comfort op vooruit, maar het netto energiegebruik gaat naar nul.

Bouwers realiseren dat door de vloer, gevels en het dak grondig te isoleren, deuren en kozijnen te vervangen door modern materiaal met drievoudig glas en door het volledige dak met zonnepanelen te bedekken. De aanpak is industrieel: elke woning wordt gescand, onderdelen worden op maat gemaakt en bewoners hoeven tijdens de renovatie het huis niet uit.

De 'energiemodule' speelt een centrale rol. Dat is een standaard toevoeging aan ieder huis met warmtepomp, warmteterugwininstallatie (balansventilatie) en een accu voor opslag van energie uit de zonnepanelen. De warmtepomp en wtw-unit werken op gelijkspanning, evenals de opslag en de zonnepanelen. Intern werkt de energie-unit op 350 volt gelijkspanning. Door af te zien van AC/DC en DC/AC omzettingen denkt men de levensduur van de installatie te verlengen. Voor de bestaande infrastructuur is er een DC/AC omzetter naar 230 volt wisselspanning en als extraatje een 60 volt DC aansluiting in de huiskamer voor opladers en elektronica met een USB stekker.

Volgens ontwikkelmanager BAM Techniek- Energy Systems Desmond Hughes is DC



Sjoerd Klijn Velderman, hoofd business development
BAM Woningbouw W&R-Renovatie.





ook voor de netbeheerders aantrekkelijk. De ‘aansluitwaarde’ van de woningen (de maximale stroom door de kabel) ligt met 25 ampère vrij laag. Als in een wijk vol zonnepanelen de zon uitbundig schijnt, worden de kabels zwaar belast. Door op DC over te stappen kan de netbeheerder meer vermogen door dezelfde kabels kwijt. De huizen zijn aangesloten op 350 volt DC, maar voor de kabels op straat wordt dat omgezet naar +/- 700 volt (effectief 1.400 volt).

Een jaar na het akkoord hebben de vier bouwers prototype woningen ontwikkeld in Heerhugowaard, Melik, Arnhem, Stadskanaal en Soesterberg. Het is de bedoeling dat het project daarna in een stroomversnelling raakt. Eerst de woningen om het prototype heen, dan opschalen naar duizend woningen (250 per bouwer tot eind 2014). Dan naar 10 duizend woningen in de volgende twee jaar (tot eind 2016). Met de ‘aanhakers’ erbij moet dat 110 duizend woningen worden in de periode tot 2020. De bouw kan weer aan de slag.

De aangesloten bouwers zijn VolkerWessels, BAM, Ballast Nedam en Dura Vermeer. Samen met de corporaties Portaal, Lefier, Woonwaard, Stadlander, Tiwos en Wonen Limburg. Actuele informatie over het project op: www.stroomversnelling.net



Hobbels en kansen voor gelijkspanning

4.1 Normen voor gelijkspanning

Iedereen die met gelijkspanning werkt, loopt er nu nog tegenaan: de norm. Hoe voorkom je dat een gevaarlijke spanning te lang op een defect toestel komt te staan? Om elektriciteit zo veilig mogelijk te maken, hebben verschillende partijen een normering afgesproken.

Die wordt ook door de verzekering geaccepteerd en is leidend bij het installeren en bij het gebruik van elektriciteit. Die norm heet de NEN1010, een vuistdik boek vol omschrijvingen, tabellen en cijfers. De NEN1010 is een van de belangrijkste normen voor vaste elektrische installaties op laagspanning en wordt van oudsher overal toegepast. “Voor wisselspanning is dit helemaal uitgewerkt. Daarvan bestaan handige overzichten, die laten zien welke doorsnede kabels moeten hebben voor 230 volt. Heb je een grote machine? Geen probleem, even nazoeken en je weet precies welke soort kabels je moet gebruiken bij de installatie”, zegt Johan van Velthoven van het Nederlands normalisatie-instituut NEN.

In de NEN1010 staat ook informatie over gelijkspanning, maar beduidend minder. Een derde van de NEN1010 bestaat uit algemene zaken over elektriciteit. De helft gaat vervolgens over wisselspanning en dan staat er ook nog een klein stukje over gelijkspanning in”, zegt Van Velthoven.

“In principe geldt dezelfde norm voor gelijk- en wisselstroom, namelijk dat het veilig moet zijn”, zegt hoogleraar Power Quality Sjef Cobben, verbonden aan de groep Electrical Energy Systems van de Technische Universiteit Eindhoven. “Maar hoe dat precies moet gebeuren bij gelijkspanning staat niet in de NEN1010. Bij wisselspan-



Johan van Velthoven van het Nederlands normalisatie-instituut NEN.



ning is er bijvoorbeeld een genormeerde, nominale spanning. Bij gelijkspanning bestaat die niet.”

Ook is onduidelijk hoe lang en dik een kabel bijvoorbeeld mag worden. Terwijl dat bij wisselspanning wel is uitgewerkt. Dat verschil maakt projectontwikkelaars huiverig om met gelijkspanning te werken.

Voor gelijkspanning bestaan nog geen normtabellen. “Er is geen handig overzicht”, aldus Cobben. “Het is nog erg globaal in vergelijking met wisselspanning, waarvoor alles tot in details is uitgewerkt.” Maar, zo zeggen deskundigen, dat betekent alleen maar dat de normering van gelijkspanning niet zover is uitgewerkt als wisselspanning.

Een betrouwbare beveiliging speelt uiteraard een belangrijke rol bij de normering. Hoe zorgen we ervoor dat we elektriciteit op een veilige manier kunnen gebruiken? Zowel wissel- als gelijkspanning kennen beveiligingen. Aangezien wissel- en gelijkspanning andere kenmerken hebben, kunnen ook de beveiligingsprincipes anders zijn. Doordat wisselspanning twee maal per periode door nul gaat, is het mogelijk om een stroom te onderbreken. Dat kan bijvoorbeeld mechanisch, door er fysiek voor te zorgen dat er geen contact meer is. Bij gelijkspanning is de spanning, ook deze naam zegt het al, gelijk. Er is dus geen stroomnuldoorgang en daarom werkt het onderbreken van de stroom anders.

Via vermogenselektronica kan gelijkspanning worden afgeschakeld. “Dan worden stromen geblokkeerd. Bijvoorbeeld met een halfgeleider, die de stroom doorgeeft. Is een apparaat defect? Dan laat de halfgeleider niks meer door en wordt deze een isolator. Deze methodiek werkt ook voor wisselspanning maar wordt daar minder gebruikt omdat de traditionele beveiliging daar goed werkt”, zegt Cobben.

Technisch is de beveiliging heel goed op te lossen, benadrukt Cobben. “Het is de niet-uitgewerkte en onduidelijke normering voor gelijkspanning die mensen huiverig maakt. Ze willen gestandaardiseerd weten dat het werkt. Want ze zullen zich anders altijd afvragen of het juridisch wel helemaal klopt wat ze doen of alles wel goed te verzekeren valt.”



Hoe komen de normen er voor gelijkspanning? Daarvoor is het nodig dat betrokken partijen rond de tafel gaan. Netbeheerders, fabrikanten van bijvoorbeeld kabels, installaties en stopcontacten en de overheid. “Om een nieuwe normering vast te stellen, moeten marktpartijen bij elkaar gaan zitten. Zo’n normering wordt in overleg bepaald en niet van bovenaf opgelegd”, zegt ook Van Velthoven.

Overleg over nieuwe normen heeft uiteraard niet alleen in Nederland plaats, maar ook internationaal. Wie in de Nederlandse commissie zit, mag ook internationaal meepraten. Maar zover is het nog niet. Wel is in 2014 een NEN werkgroep opgestart om tot normen te komen. Dat gebeurde mede op initiatief van de Greendeal Gelijkspanning die het ministerie van Economische Zaken met verschillende marktpartijen gesloten heeft.

Zodra er een norm is, wordt de wetgeving voor de levering van elektriciteit de volgende stap. In die ‘netcode’ staat hoeveel spanning er geleverd dient te worden en aan welke kwaliteitseisen moet worden voldaan. Bij wisselspanning is dat bijvoorbeeld 230 volt waarbij de spanning 10 procent hoger of lager mag uitvallen.

Ook moet nog beter geregeld worden hoe iemand stroom kan terugleveren. “De netbeheerder zal dan kwaliteitseisen stellen aan de stroom. Die maakt zich er natuurlijk wel zorgen over als er massaal terug geleverd wordt aan het net. Het is belangrijk dat dit proces zo transparant mogelijk verloopt. Iedereen moet weten wat en hoe geleverd dient te worden.”

4.2 Onderwijs en ondernemers trekken gelijk op

De knaloranje kleur van de laboratoriumtafels in het gelijkspanningslaboratorium van de Haagse Hogeschool in Delft is opvallend. Nog vreemder is dat docent elektrotechniek ir. Johan Woudstra een gewone stofzuiger aansluit op 300 volt gelijkspanning en dat het ding zonder problemen functioneert.

“Bijna alle apparatuur in huis werkt eigenlijk op gelijkspanning”, stelt Woudstra. De 230 volt wisselspanning wordt intern meestal omgezet naar gelijkspanning en van daaruit eventueel naar een wisselspanning van een gewenste amplitude en frequentie. In het gelijkspanningslaboratorium van De Haagse Hogeschool kunnen studenten sinds kort elektrische huishoudelijke apparatuur op gelijkspanning beproeven met het oog op energiegebruik, veiligheid en levensduur.



Studenten doen onderzoek aan USB voeding.

Dat is een flinke stap vooruit in vergelijking tot een paar jaar geleden toen de studierichting elektrotechniek te maken had met een sterk teruglopend aantal studenten. Maar aan werk in de sector is er geenszins gebrek. De komende jaren gaan er namelijk meer elektrotechnici met pensioen dan dat er studenten van de opleidingen komen. Bovendien ziet elektrotechnisch Nederland zich geconfronteerd met grote veranderingen als gevolg van de omwenteling van centrale naar decentrale opwekking en de toenemende vraag. Fietsen, koken, autorijden – alles wordt elektrisch.

Op voorstel van het bedrijfsleven en met financiële ondersteuning van netbeheerder TenneT werd enkele jaren geleden binnen het hoger onderwijs een gezamenlijke power-minor² elektrische energietechniek opgezet waar nu 20 studenten uit Den Haag, Amsterdam en Arnhem / Nijmegen en Zwolle aan deelnemen. Het grootste deel van de veertien studenten in 2013/2014 koos voor een project over gelijkspanning omdat daarin momenteel het meest gebeurt.

Samenwerking met het (regionale) bedrijfsleven is in de vorm gegoten van een SIA-RAAK project³ (Stichting Innovatie Alliantie – Regionale Aandacht en Activering van Kennis) met de titel ‘Gelijkspanning breng(t) je verder’⁴. Daarbij zijn tien regionale MKB-bedrijven betrokken vanuit de creatieve sector tot aan de installatiebranche. Ook grote bedrijven zoals energie-infrabedrijf Joulz en Siemens Nederland nv nemen er aan deel, net als de TU Delft, de KU Leuven en Stichting Gelijkspanning. Technisch Bedrijfskundige Pepijn van Willigenburg brengt onderwijs en ondernemers bij elkaar en is één van de initiatiefnemers van het SIA-RAAK project.

In Delft richt het huidige onderzoek zich op gelijkspanning in het huishouden: welke spanningsniveaus zijn daarvoor het meest geschikt, hoe verdeel je de energie door het huis, hoe handhaaf je de veiligheid en welke aansluiting of stekker is daarvoor het

² <http://www.powerminor.nl/>

³ <http://www.innovatie-alliantie.nl/stimuleringsregeling/regeling/item/54-raak-mkb.html>

⁴ www.dehaagsehogeschool.nl/gelijkspanning



Docent elektrotechniek
ir. Johan Woudstra en
Technisch Bedrijfskundige
ing. Pepijn van Willigenburg.





meest geschikt? Woudstra spreekt in dit verband over een 'microgrid' (een eenheid tot 5.000 kWh/jaar). Een aantal microgrids (huizen) bij elkaar vormt dan een 'minigrid' (lees: wijk of straat).

Het project loopt tot begin 2015. Daarna zouden Van Willigenburg en Woudstra verder willen met nieuwe projecten zoals de ontwikkeling van een gelijkspanningcentrale voor in huis (een DC/DC omzetter om stroom van buiten en energie van zonnepanelen te integreren) en ontwikkeling van Engelstalig onderwijsmateriaal.

De opmars van gelijkspanning valt samen met teruglopende belangstelling van studenten voor elektrotechniek. Woudstra denkt dat innovatiegericht onderwijs en onderzoek binnen het SIA-RAAK project de aantrekkelijkheid van de elektrotechniek verbetert. Het gelijkspanningsproject aan De Haagse Hogeschool heeft gelijkspanning bij ondernemers en studenten op de agenda gezet.

4.3 Stroomrotonde in het DC-lab

Toegegeven, het kost wat verbeeldingskracht om in een opstelling van drie computers en vier AC/DC converters een offshore windpark te zien op een knooppunt van drie hoogspanningskabels. Toch is dat wat promovendi in het DC-lab van de TU Delft bestuderen. Het DC-lab maakt deel uit van de sectie DC systems and Storage van de faculteit Elektrotechniek Wiskunde en Informatica.

“De opstelling gedraagt zich als een hoogspanningsnet op de Noordzee waar energie wordt uitgewisseld”, legt dr.ir Pavol Bauer uit. Je kunt het zien als een stroomrotonde. Drie AC/DC omzetters stellen transformatorstations voor in Engeland, Nederland en Noorwegen. De vierde AC/DC omzetter bootst een windpark na en wordt daartoe aangestuurd door een OPAL-RT realtime simulatiecomputer.

Onderzeese DC hoogspanningskabels worden steeds gewoner op de Noordzee. “DC-netwerken op hoogspanningsniveau zijn de toekomst van het energietransport”, zegt Bauer. “Er bestaan plannen voor een Europa omvattend netwerk met vertakkingen naar Afrika. Maar de technische uitwerking is nog goeddeels onbekend.”

De huidige HVDC kabels vormen tweerichtingsverbindingen tussen nationale wisselspanningnetten. De link tussen een nationaal AC-net en een HVDC kabel is normaal gesproken een zoemend transformatorstation met een hoop vermogenselektronica als converter. In het DC-lab speelt een AC/DC converter op schaal die rol. Hoe je elektrische vermogen door die kabels heen en weer stuurt, is uit theorie en praktijk bekend. Maar wat nu als je niet twee maar drie punten met elkaar verbindt - hoe vloeien de stromen dan? Dat is wat promovendi in het DC-lab uittesten.

Stroom vloeit van hoge naar lage potentiaal. Dus als de Noren stroom willen importeren kunnen ze de potentiaal (die normaal plus en min 450 kilovolt bedraagt) met



Promovendi Rodrigo Teixeira Pinto en Epameinondas Kontos
in het Delftse DC-lab.



1 of 2 procent verlagen. Daardoor stroomt vermogen uit het netwerk naar het Noorse net. Maar wat doen Nederland en Engeland intussen? Bauer geeft een voorbeeld: “Als ik in Nederland plus 1 procent verander, en Engeland gaat naar plus ½ procent, dan gaat 1 eenheid energie vanuit Nederland naar Noorwegen en een halve eenheid vanuit Engeland. Maar er gaat ook een halve eenheid vanuit Nederland naar Engeland, die vervolgens doorstroomt naar Noorwegen. Dat worden al heel snel hele complexe gebeurtenissen.”



Nog ingewikkelder wordt het als je de stroomprijs erbij betreft, de internationale juridische aspecten en de vraag hoe de instellingen van de knooppunten (die de vermogensstromen bepalen) eigenlijk tot stand komen – in onderling overleg, als uitkomst van de energieprijs of door een Europese netbeheerder? Het DC-lab kan in elk geval laten zien hoe een complex DC netwerk reageert en hoe het bestuurd kan worden.

Het DC-lab, dat voor zo’n kwart miljoen euro is ingericht vanuit het topconsortium voor kennis en innovatie (TKI), houdt zich ook bezig met simulaties op midden- en laagspanning. Als voorbeeld van middenspanning noemt Bauer de studie naar de ombouw van een bestaand 10 tot 50 kilovolt AC-net naar DC. Wat zijn de voordelen en wat komt erbij kijken? Op laagspanningsgebied doet het DC-lab onderzoek naar DC-netten op straatniveau met een mix van huiselijk energiegebruik, opwekking met zonnepanelen en opslag in accu’s van elektrische auto’s.

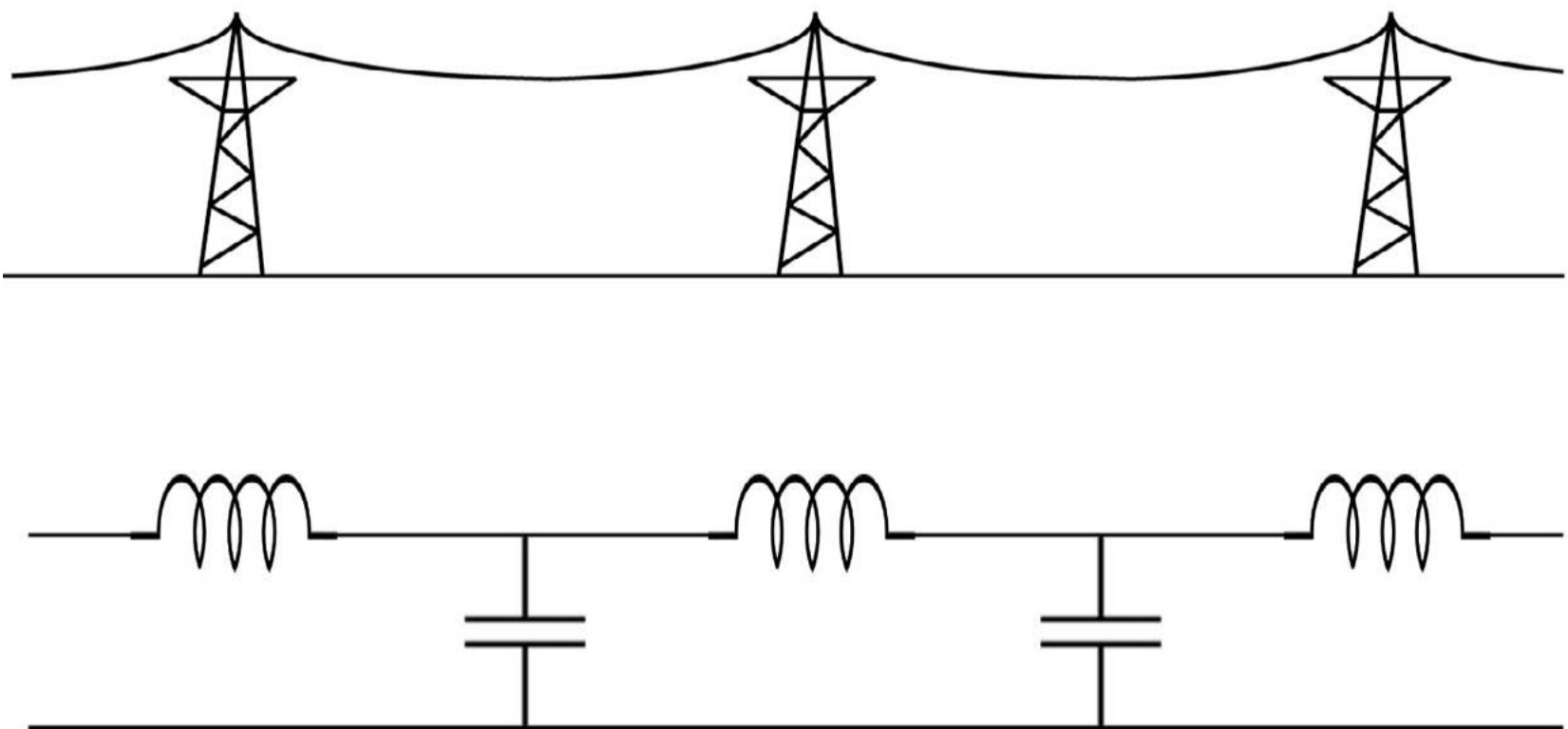
“DC-netten hebben een rol van hoog- tot laagspanning”, constateert Bauer. “De strijd tussen AC en DC leek ruim honderd jaar geleden beslecht, maar DC komt terug

omdat het voordelen biedt zoals: meer capaciteit door een bestaande kabel, lagere verliezen en lagere kosten.”

Het Delftse DC-lab zoekt uit hoe complexe DC-netten zich gedragen en welke technologie tot de beste resultaten leidt.

Verliezen in hoogspanningsleiding

Wisselspanning lijdt bij transport over grote afstand meer verlies dan gelijkspanning. Dat komt doordat een hoogspanningsleiding een kleine zelfinductie heeft en een parasitaire capaciteit naar aarde. Over de inductiviteit verliest een wisselstroom aan spanning. Bovendien leidt een wisselspanning over een capaciteit tot een lekstroom naar aarde. Naarmate de aaneenschakeling van inductiviteiten en capaciteiten toeneemt, nemen ook de verliezen toe.



Bij gelijkspanning spelen zelfinductie en parasitaire capaciteit geen rol en blijven alleen de ohmse verliezen over. Die zijn te verlagen door een hogere bedrijfsspanning te kiezen.

4.4 Kansen voor gelijkspanning

Tot slot een inventarisatie van de kansen voor gelijkspanning zoals HVDC, lokale opslag, smartgrids, datacentra en grondstofbesparing. En van de economische kansen die DC biedt.

Volgens Tim Zijderveld (manager New Business bij Joulz) zijn de voordelen van gelijkspanning het grootst bij openbare verlichting (vanwege meer aansluitingen op een kabel en de integratie van informatie en energie voor slimme straatverlichting). Ook voor glastuinbouw heeft gelijkspanning voordelen. Bij industriële nieuwbouw kan een gelijkspanningsinstallatie voordelig zijn. Het industrieterrein Nupharo in Tsjechië is daarvan een voorbeeld. DC is bij uitstek aantrekkelijk voor datacentra waarvan alle apparatuur op gelijkspanning werkt. Ook in de scheepsbouw kiest men vaak voor een DC-net door de naadloze koppeling met grote opslagcapaciteit in lithiumpolymeer accu's. ESTechnologies verzorgt al jaren zulke installaties. Aanvankelijk vooral voor luxe megajachten, maar steeds vaker ook voor commerciële vaartuigen die vaak worden uitgerust met een hybride aandrijving - een combinatie van elektrisch en diesel.

Zijdervelds collega Danny Geldtmeijer bij Enexis ziet ook kansen in de woningmarkt. Met name in twee specifieke sectoren: de early adopters en de woningbouwcorporaties. Zelf hoort hij met een elektrische auto en een dak vol zonnepanelen tot de eerste groep van mensen die het leuk vinden om zich in energie te verdiepen en er wat voor over hebben om in hun ogen de beste keuzes te maken. De meeste mensen hebben die interesse niet. Maar via renovatieprojecten van corporaties kan ook bij hen gelijkstroomtechnologie in huis komen. Het beste voorbeeld is het eerder genoemde project Stroomversnelling met de energiemodule bestaand uit warmtepomp, balansventilatie-eenheid en accu voor de zonnepanelen – alles op 350 volt gelijkspanning. De bewoners merken er zelf weinig van, behalve een paar handige USB-aansluitingen. Maar in potentie gaat het hier om honderdduizend units – een enorme markt.





Hoofd business development Sjoerd Klijn Velderman en projectmanager energy systems Desmond Hughes bij BAM merken dat de industriële aanpak van energierenovatie van woningen binnen Stroomversnelling belangstelling wekt in het buitenland. Hughes verwacht dat de technologie die binnen het project ontwikkeld wordt, ook toepassing zal vinden bij nieuwbouw.

Klijn Velderman benadrukt dat gelijkspanning een kans is voor de installatiebranche. Verworven deskundigheid op gelijkspanning wordt een pré, een kans om je te onderscheiden, stelt hij. Maar dan moet er wel normering ontwikkeld worden en opleidingsprogramma's om te voorkomen dat het net zo rommelig gaat als bij de installatie van zonnepanelen, wat hem aan wild-west taferelen deed denken.

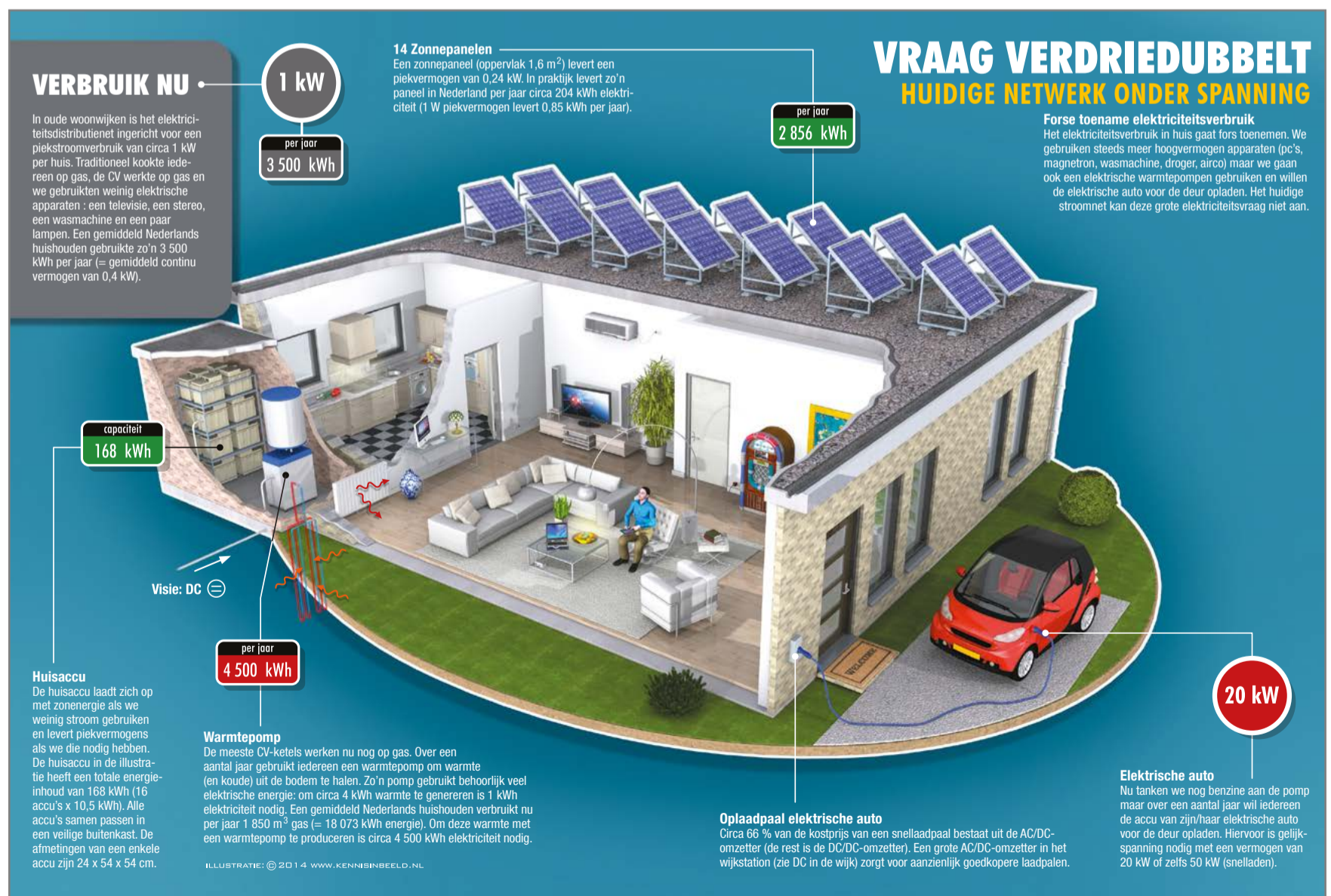
“Overall experimenteren ze met kleine smartgrids”, zegt Geldtmeijer over Stroomversnelling. “Wij kunnen straks een wijk met 300 woningen met gelijkspanning uitrusten. Dat bestaat nog nergens.” En zo, denkt hij, kan Nederland voorloper worden op gelijkspanningstechnologie.

Ook de eerste ontwikkelingen voor decentrale netten zijn al gezet. Zo ontwikkelde het bedrijf Alfen (bekend van de opvallend onopvallende transformatorhuisjes) de SOPRA (Sustainable Off-grid Power Station for Rural Applications). SOPRA is ontworpen als middelpunt van een AC-net dat gevoed wordt met zonnepanelen, windturbines, waterkrachtgeneratoren. De eenheid bevat accu's voor opslag. ESTechnologies ontwikkelde een compacte container met 275 kilowattuur opslagcapaciteit met dezelfde gedachte: een onafhankelijk net te ondersteunen.

Zulke technologie kan goede diensten bewijzen in de uitlopers van bijvoorbeeld het Franse en Spaanse elektriciteitsnet, denkt Zijderveld. De afstanden zijn daar lang en de kabels dun. “Het kan verstandig zijn om de haarvaten van het net op gelijkspanning te bedienen”, stelt hij.

Interviews met deskundigen

Er zijn veranderingen gaande in de elektriciteitsvoorziening: decentrale opwekking, toenemende elektrificatie van de energievraag en een groeiend aandeel aan duurzame bronnen. Gelijkspanning speelt daar een belangrijke rol in. Ligt de toekomst van het elektriciteitsnet in gelijkspanning? We vragen het opinieleiders, hoogleraren, topmensen uit het bedrijfsleven en aan mensen uit de praktijk bij netbeheerders en serviceproviders.





‘Investeren in hernieuwbare energie’

Stientje van Veldhoven is Tweede Kamerlid voor D66 met de portefeuille duurzaamheid, mobiliteit en ruimtelijke ordening. Het D66 verkiezingsprogramma 2012 stelt onder het kopje ‘Oneindige energie’: We bereiken een mijlpaal. Schone energie en fossiele energie kosten bijna evenveel. Olie is schaarser en de prijs loopt op. Onze afhankelijkheid van fossiele brandstof is risicovol en kostbaar.

“De voorraad hernieuwbare energie is in potentie eindeloos. Daarom kiest D66 voor het ontwikkelen van de technologie om efficiënt van hernieuwbare energie gebruik te kunnen maken.”

Is gelijkspanning een politiek item?

“Ik denk dat het weer een politiek issue gaat worden. Lang geleden, in de tijd van Edison en Tesla, was het bijna een politieke strijd. Toen heeft wisselspanning gewonnen maar ik denk dat gelijkspanning opnieuw een punt van discussie gaat worden en wel in de context van hernieuwbare energie.”

Hoe past gelijkspanning in die context?

“Ik denk dat het om twee redenen een interessante kwestie gaat worden. Allereerst zie je natuurlijk dat zonnepanelen, die we gelukkig steeds meer zien in Nederland, gelijkspanning produceren. Dan ga je dat eerst omzetten naar wisselspanning om het vervolgens te gebruiken. Terwijl het eigenlijk efficiënter zou zijn als je het meteen kon gebruiken. Naarmate het aandeel van groen opgewekte energie groter wordt, is het verlies dat je hebt door het om te zetten in wisselspanning ook groter en kan de discussie ontstaan of je daar toch niet een efficiëncyslag kunt maken. Dan heb je het over de lokale rol van gelijkspanning. Daarnaast, als we door de oogharen kijken naar de energieopgave die Europa heeft, is die natuurlijk enorm. Op het ogenblik importeren





Stientje van Veldhoven,
D66 parlementariër.



66



Inhoud

Hoofdstuk 1

Hoofdstuk 2

Hoofdstuk 3

Hoofdstuk 4

Hoofdstuk 5



we tussen 400 en 500 miljard euro per jaar aan energie elders uit de wereld. Als we een groot gedeelte van dat geld gaan investeren in hernieuwbare energie in Europa, dan zal dat enorme productiecapaciteit betekenen. Dan wordt het belangrijk om te gaan letten op de krachten van verschillende lidstaten op het gebied van bepaalde vormen van energie. In Nederland waait het altijd, in Scandinavië heb je veel biomassa en in Spanje heb je veel zon. Dan kan het ook interessant worden om grote hoeveelheden energie over langere afstand te gaan vervoeren. Gelijkspanning is dan een efficiëntere manier van vervoer over grote afstand dan wisselstroom. Denk aan een kabel van Spanje door de Pyreneeën of over de zeebodem naar Frankrijk waar landen productie-eenheden op aan kunnen sluiten. Dan heb je het wel over investeringen waar je in Europees verband besluiten over moet nemen.”

Is dat hoe gelijkspanning in het energiescenario past?

“D66 is een groot voorstander van veel meer coördinatie van het Europese energiebeleid. Je ziet nu dat lidstaten elkaar beconcurreren op subsidies voor hernieuwbare energie, maar ook voor de vestiging van een kolencentrale. Zo maken we die transitie naar hernieuwbare energie heel duur. Ik denk dat we dat beter kunnen coördineren, en investeren in connectiecapaciteit en back-upcapaciteit in Europees verband. Energienetwerken houden niet op bij de nationale grenzen. Energiebedrijven weten dat allang en werken al internationaal. Je moet alleen wel zien te voorkomen dat landen die hun elektriciteitsnet goed op orde hebben niet opdraaien voor de kosten van achterstallig onderhoud in andere landen. Maar op termijn zijn gecoördineerde Europese energiepolitiek en investeringen heel belangrijk.”

De burger heeft niet veel weet van gelijk- of wisselspanning. Zou dat wel moeten nu er zoveel staat te veranderen?

“Voor de burger is het relevant dat er stroom uit het stopcontact komt, dat hij daar zo weinig mogelijk voor betaalt en dat het zo min mogelijk milieu-impact heeft. Ik denk dat er een beperkt aantal mensen zich bezig gaat houden met investeringen in infrastructuur en beslissingen over standaarden. Voor hen is het heel relevant dat ze goed nadenken over de mogelijkheden en de voor- en nadelen van beide systemen. Voor

burgers is het vooral van belang dat de systemen robuust zijn, dat ze zo energie-efficiënt mogelijk zijn om de prijs zo laag mogelijk te houden en dat het gewoon werkt. Dus moeten de verschillen tussen gelijk- en wisselspanning wel helder vertaald worden zodat burgers een bewuste keuze kunnen maken. Want ik denk dat de parameters van betrouwbaarheid, prijs en milieu-impact voor de burgers van belang zijn en blijven.”

De vorige Europese Commissie streefde naar 20 procent duurzame energie in 2020. Hoe gaat dat verder?

“De 2020 doelstellingen waren best ambitieus en zijn ook heel belangrijk geweest. De hele discussie over het energieakkoord in Nederland was nooit op deze manier gevoerd als we geen dwingende doelstelling hadden gehad van 14 procent (duurzame energie in 2020). Die doelstelling hebben we lang als een minimale ondergrens gezien. Zelfs de VVD- die weinig opheeft met duurzame energie, respecteerte de Europese afspraak op dit punt. Die ondergrens (van de verplichte doelstelling) raken we kwijt. Dat vind ik heel kwalijk.”

Waarom?

“Omdat er volgens de plannen geen nationale doelstelling voor 2030 komt, alleen een Europese. Zolang het Europese systeem voor emissiehandel onvoldoende werkt, blijft fossiele brandstof goedkoper dan hernieuwbare energie. Dus zal elk land proberen de kosten voor het aandeel duurzaam zo laag mogelijk te houden om concurrerend te blijven. Dat leidt tot een *race to the bottom*, in plaats van het *level playing field* waar we allemaal belang bij hebben. Daarom vind ik het moeilijk iets te zeggen over het tijdpad van de energietransitie. Ik heb mijn hoop gevestigd op de nieuwe Europese Commissie en dat die er wat steviger in gaat zitten dan de huidige.”

‘Schaap over de dam’

De werkkamer van Marjan Minnesma aan het Amsterdamse IJ heeft welhaast een symbolisch uitzicht: de vervuilende kolencentrale aan de Hemweg maar ook windmolens. Het laat in een oogopslag zien waar Urgenda voor en tegen strijdt. Minnesma is directeur van non-profit-organisatie Urgenda die al vanaf 2007 een duidelijke visie neerzet over hoe Nederland veel sneller duurzamer kan.

Urgenda bracht in maart 2014 een uitgebreid rapport uit waarin beschreven staat hoe⁵ Nederland in 2030 honderd procent van de energie duurzaam op kan wekken. Het uitzicht toont de overgang van fossiele naar duurzame energie. Maar die overgang moet heel veel sneller gaan, vindt Urgenda.

Minnesma is enthousiast over het gebruik van gelijkspanning. “Dat is zeer aantrekkelijk omdat er minder verliezen zijn dan bij wisselspanning en dat is uiteraard een goede zaak. Voel maar eens aan de adapter van je computer of laptop. Die is warm. Allemaal verloren energie door omzetting van wissel- naar gelijkspanning.”

Vooraf bij nieuwe woonwijken en bedrijventerreinen lijkt het Minnesma verstandig om gelijkspanning te gebruiken. Maar eenvoudig gaat dat nog niet. Ze adviseerde meerdere projectontwikkelaars om gelijkspanning te gebruiken. “Onder meer voor industrieterreinen. Dat zijn afgesloten werelden met veel apparatuur die gebruikmaakt van gelijkspanning. Veel projectontwikkelaars hebben helaas koudwatervrees. Werkt alle apparatuur dan nog wel goed, vroegen ze zich af?”

⁵ *Nederland 100 procent duurzame energie in 2030 - het kan als het wilt. Kostenloos te downloaden vanaf www.urgenda.nl*



Marjan Minnesma, directeur Urgenda en nummer 1
in de duurzame Top 100.



70



Inhoud

Hoofdstuk 1

Hoofdstuk 2

Hoofdstuk 3

Hoofdstuk 4

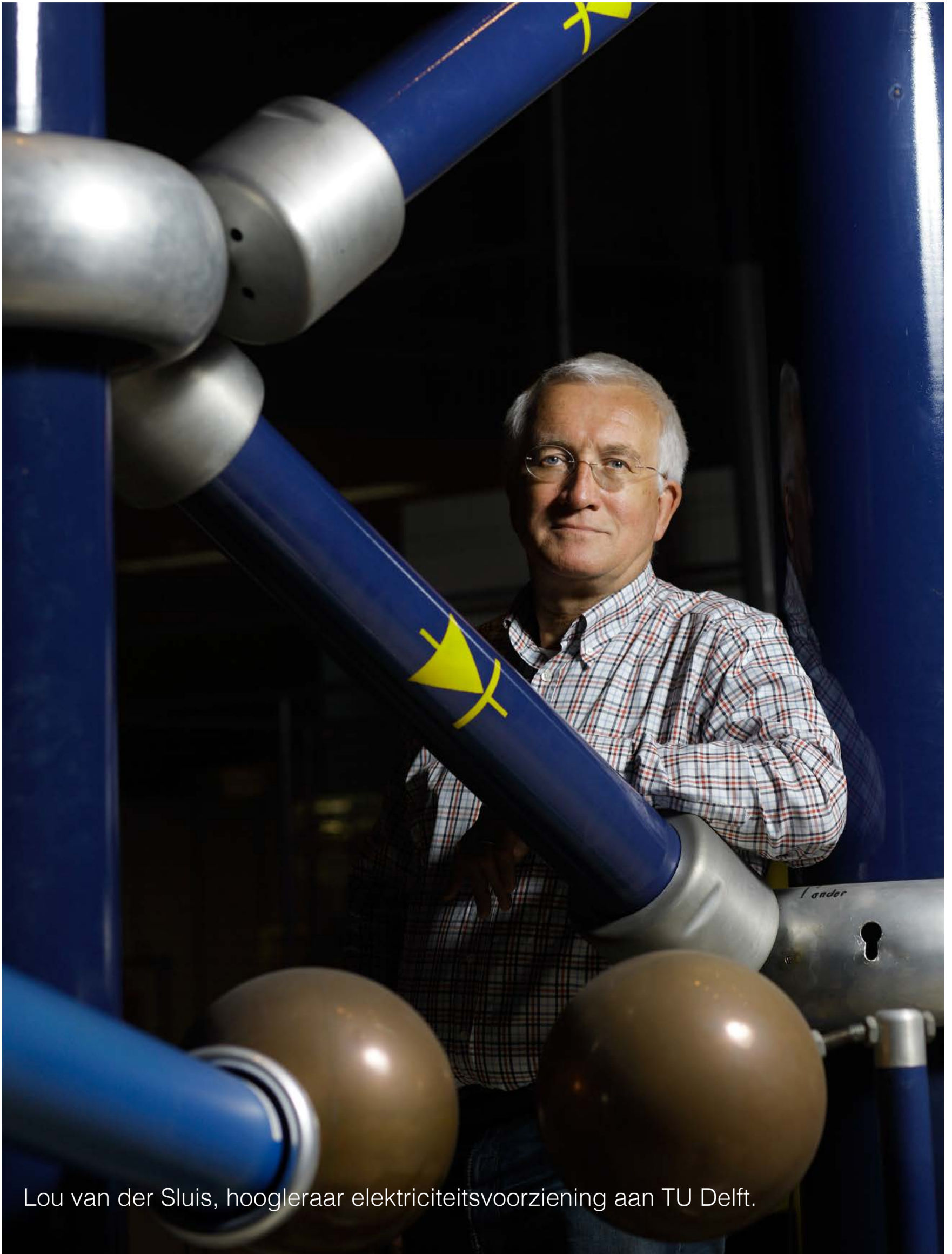
Hoofdstuk 5



Om gelijkspanning te gebruiken, moeten projectontwikkelaars een stapje extra doen. Voor wisselspanning bestaan duidelijk omschreven voorschriften. Bijvoorbeeld welke kabels ze nodig hebben en ook hoeveel volt wordt gebruikt. Tot in die details is het gebruik van gelijkspanning nog niet uitgewerkt en dat schrikt af. “De projectontwikkelaars moeten veel meer zelf uitzoeken en informatie verzamelen. Het gebruik van gelijkspanning is immers niet vanzelfsprekend. Maar daardoor haken ze af, omdat het onbekend is. Diezelfde ontwikkeling zagen we eerder bij het gebruik van zonnepanelen.”

Toonaangevende voorbeeldprojecten zijn daarom ontzettend belangrijk, stelt Minnesma. Waar projectontwikkelaars kunnen zien dat de apparaten ook op gelijkspanning werken en er bovendien geld mee wordt bespaard. “En ook moet duidelijk worden hoe een net is aangelegd en bepaalde problemen zijn opgelost. Door kennis te delen zien anderen ook dat het niet zo ingewikkeld is. Er moet één schaap over de dam zijn voordat er anderen volgen.”

Toenemend gebruik van gelijkspanning is een van de manieren om duurzamer energie te gebruiken, maar uiteraard niet de enige. “Er is niet één oplossing om binnen twintig jaar volledig duurzaam energie op te wekken”, benadrukt Minnesma. “Huizen moeten daarvoor energieneutraal worden. Het gebruik van elektrische auto’s zal fors toenemen.” Ook denkt ze aan heel lokale verwarming. Nu worden ruimtes volledig verwarmd. Ze kijkt haar kantoor rond. “Terwijl wij in een hoek van deze kamer aan een tafel zitten. Het zou toch veel handiger zijn, als alleen het deel om deze tafel heen werd verwarmd? Dat kan bijvoorbeeld met infraroodpanelen, een duurzamere manier van verwarmen. Met dat soort maatregelen en door ze samen te nemen met andere belangrijke initiatieven maken we echt een verschil.”



Lou van der Sluis, hoogleraar elektriciteitsvoorziening aan TU Delft.



‘Soms is wisselspanning handiger’

Heeft gelijkspanning de toekomst?

“De toepassing van gelijkspanning heeft zeker een toekomst. Het is interessant om je te realiseren dat elektriciteit ooit begonnen is met gelijkspanning. Rond 1800 kwam de eerste batterij op, de zuil van Volta. Het heeft een flink aantal jaren geduurd voordat de voordelen van wisselspanning de doorslag gaven om daarmee door te gaan.”

Wat waren die voordelen?

“Toentertijd was het probleem van gelijkspanning dat het moeilijk naar een hogere spanning te krijgen was. Dat betekende concreet dat je meer elementen op elkaar moest stapelen in een Voltazuil. Met wisselspanning heeft men dat probleem weten te omzeilen. Want op basis van de inductiewet van Faraday was het mogelijk om transformatoren te bouwen die wisselspanning op een hoger spanningsniveau brachten.”

Waarom was dat van belang?

“Hoe hoger de spanning, hoe lager de verliezen bij het transport van elektrische energie. Tegenwoordig kunnen we met vermogenselektronica gelijkspanning wel op een relatief eenvoudige manier naar een hoger niveau brengen. Dus als je de ontwikkeling van vermogenselektronica in je overwegingen betreft, dan heeft gelijkspanning zeker weer een toekomst voor specifieke toepassingen.”

Als voordelen van gelijkspanning wordt genoemd dat het efficiënter zou zijn en dat er meer vermogen door dezelfde kabels gestuurd kan worden dan bij wisselspanning het geval is. Bent u het daar mee eens?

“Wisselspanning en wisselstroom zijn verrassend efficiënt. Toch zie je bij hogere spanningen in toenemende mate belangstelling groeien voor gelijkspanning. De achtergrond daarbij is het volgende: bij wisselspanning heb je drie fasen nodig om het te transporteren en bij gelijkspanning heb je maar twee draden nodig. Je zou zelfs met één draad toe kunnen als je de aarde als retourgeleider gebruikt. Dus je bespaart

direct op aluminium (het materiaal van hoogspanningsleidingen). Bovendien, als je maar twee draden in een mast hebt hangen, dan kun je de hoogspanningsmasten minder stevig uitvoeren. Maar daar betaal je wel een prijs voor, want je moet wisselspanning omzetten naar gelijkspanning en aan het eind van het lijntje gelijkspanning weer naar wisselspanning. Dat gebeurt met converteerstations en die zijn prijzig. Dat betekent dat er een omslagpunt ligt en dat ligt momenteel bij 100 kilometer op zee en bij 800 kilometer over land. De uitvoering van nieuwe hoogspanningsleidingen in China is in veel gevallen in gelijkspanning. Dat is allemaal *proven technology*. Je kunt het bestellen bij ABB, Siemens, Alstom of Japanse leveranciers en dan wordt het gebouwd.”

Er komt dus steeds meer gelijkspanning in de hoogspanning. En ook steeds meer apparatuur thuis werkt op gelijkspanning. Zou het verstandig zijn om het hele elektriciteitsnet maar DC te maken?

“Dat geloof ik niet. Afgezien van het feit dat het overgrote deel van het bestaande net voor wisselspanning is uitgevoerd, heeft wisselspanning ook duidelijk voordelen. Je kunt namelijk een wisselstroom met een schakelaar onderbreken maar een gelijkstroom niet. Dat is een van de problemen. Maar zelfs als zou je een gelijkspanningsschakelaar hebben, dan geloof ik nog niet in een overgang omdat ik te weinig voordeel in gelijkspanning zie. Het feit dat elektronica in huis met gelijkspanning gevoed wordt, betekent nog niet dat het hele huishouden op gelijkspanning draait. Want als je iets letterlijk aan het draaien wil brengen dan is wisselspanning een stuk handiger dan gelijkspanning. Voor het elektrische tijdperk hadden we het stoomtijdperk maar nog steeds moeten veel dingen draaien – maar liefst 60 procent van de elektrische energie wordt gebruikt voor aandrijvingen. Niet voor niks wordt wisselstroom ook wel draaistroom genoemd.”

Welke rol ziet u voor gelijkspanning weggelegd?

“In de hoogspanning: Koppeling van asynchrone netten en langeafstandsverbindingen. Gelijkspanning heeft dus zeker een toekomst, maar niet dé toekomst.”

‘Nog forse uitdagingen’

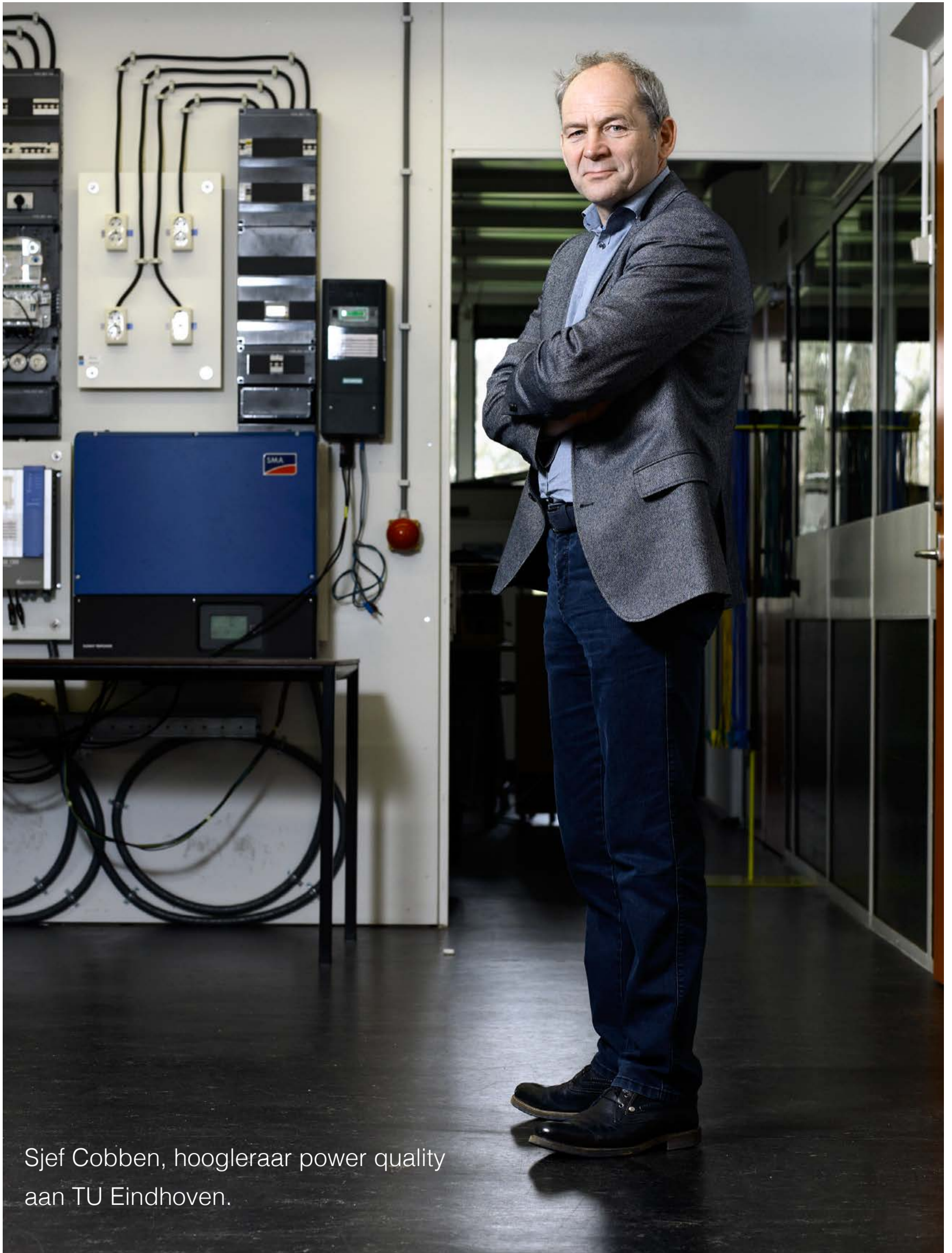
Dat er op dit moment verliezen zijn wanneer van wissel- gelijkspanning wordt gemaakt is duidelijk, benadrukt Sjef Cobben, hoogleraar Power Quality aan de Technische Universiteit Eindhoven en onderzoeker bij netwerkbedrijf Alliander. Bijvoorbeeld wanneer je een elektrische auto, laptop of smartphone oplaadt, wordt van de wisselspanning uit het stopcontact gelijkspanning gemaakt.”

“Maar zijn die verliezen werkelijk zo hoog door de omvorming, dat er daarom ook meer netten met gelijkspanning moeten komen? Dat vraag ik me af. Op dit moment is de kwaliteit van het elektriciteitsnet prima”, zegt Cobben. “99 Procent daarvan is wisselspanning. Er wordt momenteel makkelijk geroepen dat gelijkspanning vijf procent minder energie kost. Maar daar moet nog meer onderzoek naar worden gedaan. Het is nog niet bewezen.”

Ook de veiligheid van installaties zijn prima geregeld, benadrukt hij. Dus ook daarom is niet per se meer gelijkspanning nodig. “Iedereen die er mee wil werken moet zich afvragen hoeveel het je waard is om te pionieren? In principe werkt al goed wat we nu hebben.”

Bovendien vraagt Cobben zich af hoeveel voordelen gelijkspanning daadwerkelijk heeft ten opzichte van wisselspanning. “Ze maken gebruik van verschillende spanningsniveaus en dat wordt vervolgens tegenover elkaar gezet. Maar dat is appels met peren vergelijken. De winst zit vooral in minder omvormers. Ook bij gelijkspanning heb je trouwens vaak nog een omvormer nodig, om bijvoorbeeld tot een andere spanning te komen.”

Wanneer er een genormaliseerde waarde is voor gelijkspanning komen de voordelen wel beter uit de verf volgens Cobben. Dan is bijvoorbeeld geregeld welke spanning



Sjef Cobben, hoogleraar power quality aan TU Eindhoven.





als standaard moet worden genomen in verschillende omstandigheden. “Dan kunnen we veel beter zien of er voordelen zijn en dat is daarom erg belangrijk”, zegt hij. Denk er ook eens aan wat een huishouden moet veranderen als het overstapt op gelijkspanning. Stel dat je zonnepanelen op het dak hebt en je wilt daarom overstappen op gelijkspanning. “Dan heb je andere stopcontacten en toestellen nodig. Alle drogers en wasmachines zijn momenteel zo gemaakt dat ze werken op wisselstroom. Het is nogal een werk om dat allemaal te veranderen. Wat nu als je gaat verhuizen? Dan heb je overal weer andere snoeren en stekkers voor nodig. Wanneer alles in huis van gelijkspanning is, zadel je mensen met dat probleem op.”

Toch zijn er wel toepassingen van gelijkspanning waar Cobben direct het voordeel van inziet. Bijvoorbeeld bij datacenters. “Want daar werken heel veel apparaten op gelijkspanning. Ook schepen zijn misschien aantrekkelijk omdat ze niet aan het elektriciteitsnet vastzitten. Je bent dan ook het probleem van normalisatie kwijt, omdat er een klein onafhankelijk net is. Daardoor zijn er minder knelpunten. Bij gelijkspanning is er minder vervuiling in een lokaal net dan bij wisselspanning.”

Cobben benadrukt dat hij geen principiële bezwaren heeft tegen gelijkspanning. “Het is nodig en handig voor de opslag in batterijen en bij systemen met zonnecellen. Maar wie alles op gelijkspanning wil hebben thuis, komt voor grote uitdagingen te staan.”

‘DC slimmer en toekomstgericht’

“In de stad van de toekomst wordt de breedte van de weg niet bepaald door hoeveel auto’s erover rijden, maar door de hoeveel zonlicht die op de gevels van gebouwen valt zodat zonnestrallen optimaal benut worden om elektriciteit mee op te wekken. Zowel in de daken als in de buitenwanden zitten namelijk zonnecellen verwerkt. Al die energie wordt weer gebruikt om elektrische apparaten en auto’s op te laden.”

Dat is de toekomstvisie van hoogleraar Miro Zeman (TU Delft) en specialist op het gebied van zonnecellen. “Over het ontwerp van dat soort steden en gebouwen denken wij nu al na samen met onderzoekers van de faculteit Bouwkunde.”

Gelijkspanning speelt daar een sleutelrol in. “In de toekomst wekken gebouwen via zonnepanelen elektriciteit op met gelijkspanning. Batterijen slaan de energie vervolgens op voor later gebruik. Zowel de bron, de afname als de opslag werkt met gelijkspanning”, aldus Zeman.

Momenteel wordt de energie die zonnecellen opwekken omgezet van gelijk- naar wisselspanning. Vervolgens wordt daar weer gelijkspanning van gemaakt, via adapters, als we televisie kijken of een smartphone opladen. “Dat is niet alleen omslachtig maar zorgt voor onnodige verliezen”, zegt Zeman.

Studenten vinden die aanpak steeds interessanter, merkt Zeman. Zij staan te trappelen om nieuwe systemen te ontwerpen op basis van gelijkspanning. “Ze willen heel bewust bezig zijn met het netwerk van de toekomst.”

Sinds 1 januari 2014 heeft de TU Delft de onderzoeksgroep *DC systems & storage* opgezet, die zich richt op gelijkspanning. Zij doen onderzoek naar de opslag en het netwerk.



Miro Zeman, hoogleraar zonne-energie aan TU Delft.





“Momenteel wordt veel onderzoek gedaan naar de opslag van elektriciteit die is opgewekt door zonnepanelen zodat je die kan gebruiken wanneer je wilt.”

Ook het netwerk is belangrijk. “Is er nieuwe infrastructuur nodig om bijvoorbeeld in gelijkspanning aan het elektriciteitsnet te leveren? Hoe moet dat er uitzien? Daar wordt nu veel onderzoek naar gedaan. Door ons en ook internationaal.”

In proefprojecten kijken Zeman en andere onderzoekers naar de implementatie van gelijkspanning. Bijvoorbeeld bij een demonstratieproject om elektrische fietsen in een fietsenstalling op te laden via zonnepanelen. “Zulke initiatieven staan dicht bij de mensen. Je kan ze in een demonstratieproject opwekking en opslag laten zien aan de hand van voorwerpen en apparaten die ze zelf dagelijks gebruiken”, zegt Zeman. Dat toont de wereld achter het stopcontact. “Veel mensen weten niet precies hoe elektriciteit wordt opgewekt. Dankzij zonnepanelen en gelijkspanning krijgen ze een veel beter inzicht in hoe de elektriciteitsvoorziening werkt. En natuurlijk hoe gebruikers ervan profiteren.”



‘De helft minder koper’

‘Welkom op de slimste vierkante kilometer van Nederland’ staat er bij de ingang van het bedrijvenpark aan de rand van Eindhoven. Vroeger zat hier het vermaarde Philips NatLab, dat later Philips Research heette. Nu deelt Philips de High Tech Campus met andere bedrijven, kennisinstellingen en technostarters van de TU Eindhoven. Moderne kantoorblokken met steenkorfparkeergarages ertussen.

De ruime entree van het kantoor is voorzien van glazen toegangspoortjes, stalen trapeuningen en houten accenten. High-tech en ecologie gaan hier hand in hand. In de vergaderkamer schijnen twintig tinten wit uit een wandmeubel met verschillende ledlampjes. ‘Wit’ licht voor de slager en de groentewinkel, voor thuis en op kantoor is allemaal anders, vertelt Jan Fitters. Hij is als *director product management outdoor systems* bij Philips Lighting verantwoordelijk voor de componenten van verlichting op straat en in kassen. Op straat zijn dat meestal lampen van 70–150 watt met uitschieters tot 600 watt voor industriële gebieden. In kassen worden hogedruk natriumlampen gebruikt met vermogens tot 1000 watt. Deze hebben een breed spectrum om planten te laten groeien.

Tot vorig jaar had Fitters zich nooit zo druk gemaakt over gelijkspanning of wisselspanning. De elektronische voorschakelapparaten voor de lampen zetten de wisselspanning van het stroomnet met gemiddeld zo’n 91 procent rendement om in gelijkspanning voor de lamp. Als je gelijkspanning aan zou bieden in plaats van wisselspanning kan de gelijkrichter in het voorschakelapparaat vervallen en verbetert het rendement een beetje (tot ongeveer 95 procent). Dat maakt niet echt het verschil, vindt Fitters.

Maar Fitters hoorde van experimenten in tuinbouwkassen met gelijkspanning en ook mensen van Philips Research waren al enkele jaren bezig met onderzoek



Jan Fitters, Philips Lighting.



Philips Research had zitten rekenen aan 's werelds eerste snelweg met ledverlichting: de A44 tussen Burgerveen en Kaagbrug die in 2011 werd opgeleverd. Rijkswaterstaat had al laten weten dat het elektriciteitsverbruik dankzij de dimbare LEDs in de Speedstar armaturen gehalveerd was. Onderzoekers van Philips Research wilden weten wat gelijkspanning hier nog extra zou kunnen besparen.

De belangrijkste besparing die ze vonden is die aan koper. De reden is dat voor een zelfde belasting bij 350 volt gelijkspanning een veel lagere stroom nodig is dan bij 230 volt wisselspanning. Dat heeft te maken met technische zaken als arbeidsfactor en effectieve spanning. De uitkomst was echter glashelder. “Je kunt de helft minder koper gebruiken omdat de benodigde stroom bij gelijkspanning kleiner is”, zegt Fitters.

Toch is daar destijds niet voor gekozen omdat Philips afhankelijk was van de aangeboden infrastructuur (wisselspanning), de gemeente en de bestaande installatietechnologie. “De uitdaging zit bij de voeding en de installatie”, zegt Fitters. “Daar zit nog veel onduidelijkheid over producten en normering.”

Fitters heeft wel oog voor de bijkomende voordelen van gelijkspanning zoals de combinatie van vermogen met informatie waardoor straatverlichting eenvoudig valt te dimmen en informatie van de lamp teruggestuurd kan worden. Nu gebeurt dat met radiosignalen over de wisselspanningsvoeding, maar dat is omslachtiger.

Verder zou de straatverlichting ook gecombineerd kunnen gaan worden met oplaadpunten voor elektrische auto's, hiervoor is ook gelijkspanning nodig. De invoering van gelijkspanning wordt geremd door normering en infrastructuur, denkt Fitters. “Daardoor zal het nog wel een tijd duren voordat er bij mij thuis DC binnenkomt. Maar ben je eenmaal binnen dan werken wel veel apparaten inwendig op gelijkspanning: radio, ledverlichting, televisie, computers en opladers. Het is eigenlijk niet logisch dat je dat allemaal op wisselspanning aansluit, maar dat is de erfenis van honderd jaar geschiedenis.”

‘DC kruipt van twee kanten het net in’

Het Arnhemse Energy Business Park is echt een park. Hier is het hoofdkantoor gevestigd van DNV GL-Energy, voormalig DNV KEMA. De nieuwe naam, DNV GL, is een samenvoeging van het Noorse DNV en het Duitse GL, met activiteiten in de maritieme, energie en olie & gas sector.

Ir. Peter Vaessen, tegenwoordig *segment leader Future Transmission Grids*, werkt er al bijna 30 jaar. Gelijkspanning kent hij vooral van de hoogspanningsverbindingen, in vaktermen HVDC (high voltage direct current), zoals de kabels waarmee Nederland verbonden is met Noorwegen (NorNed kabel) en Engeland (BritNed). In China, het nieuwe land van de overtreffende trap, werkte hij voor DNV GL aan de verbinding van de Drieklovendam: China's eerste DC-link op plus en min 500 kilovolt. DNV GL checkte het ontwerp van ondermeer transformatoren en thyristorvalves (de schakelende elementen in de converters).

‘KEMA, solid reputation’, wisten de Chinezen. Op de uitspraak van de nieuwe naam moeten ze nog even oefenen.

Zo raakte het bedrijf betrokken bij steeds grotere projecten in China. Het nieuwste plan betreft een gelijkspanningsverbinding voor meer dan 10 gigawatt bij plus en min 1.100 kilovolt over een afstanden van 3.000 kilometer. Stel je voor: het vermogen van twintig kolencentrales reist door slechts twee kabels en duizenden kilometers verderop komt zo'n 95 procent aan. Bij het gebruik van wisselspanning zou er zonder dure compensatie over zo'n afstand weinig overblijven.

Gelijkspanning rukt dus op in de hoogspanning. In Nederland is het aandeel van gelijkspanning in het transmissienet met zo'n 10 procent van het benodigde vermogen



Peter Vaessen, leider future transmission grids bij DNV GL.





nog vrij klein, maar dat gaat in Europees perspectief veranderen. De opwekking verschuift naar de rand van het net, constateert Vaessen. Denk aan offshore windparken op zee, zonneparken in Zuid-Europa of Afrika (het Desertec plan), maar ook aan grote kolencentrales aan de Eemshaven en op de Maasvlakte. Om al die energie naar de gebruikers te krijgen zijn langere verbindingen nodig met hogere vermogens. Vanwege de verliezen aan blindvermogen bij wisselspanning zijn bij grotere afstanden (vanaf 100 kilometer op zee en circa 800 kilometer op land) gelijkspanningsleidingen (HVDC) voordeliger.

Een bijkomend voordeel van gelijkspanningsverbindingen is een betere controle over de energiestromen. Vaessen vertelt dat tijdens een periode met harde wind in de Duitse bocht er zoveel vermogen in Noord-Duitsland werd opgewekt dat het zich door de netten van Polen in het oosten en Nederland, België en Frankrijk in het westen een weg baande naar Zuid-Duitsland. “Dat gebeurt tegenwoordig regelmatig, en dat vormt een aanzienlijke belasting voor je net”, weet Vaessen. Binnen een traditioneel transmissienet op wisselspanning zijn die vermogensstromen alleen met kostbare en omvangrijke dwarsregeltransformatoren te regelen. “Dat zijn joekels van bakbeesten.” Met gelijkspanning is het eenvoudiger en sneller te regelen en met vermogenselektronica kun je zelfs met een relatief klein vermogen een veel groter vermogen sturen. Eén probleem: zulke regelunits (*Unified Power Flow Controllers* of UFPCs) zijn wel fors duurder. Althans nu nog.

Een derde reden voor een gelijkspanningverbinding in het transmissienet is de mogelijkheid om asynchrone netten met elkaar te verbinden. De wisselspanningnetten van verschillende landen hoeven dus niet met elkaar in de pas te lopen om vermogens uit te wisselen.

Op den duur rukt gelijkspanning op, daar is Vaessen wel van overtuigd. Gelijkspanning kruipt van twee kanten het net in: vanuit de huishoudens met DC applicaties en zonnepanelen en vanuit de HVDC verbindingen in het transmissienet.



Het tussendeel, het distributienet, zal volgens Vaessen voorlopig nog gedomineerd blijven door wisselspanning. Domweg vanwege de grote omvang, de grote bedragen die erin geïnvesteerd zijn en omdat de infrastructuur van het middenspanningnet nog decennia lang mee gaat.

“De toekomst (van het distributienet) wordt een AC-net met stukjes DC erin daar waar het goed uitkomt. DC wordt op die manier heel natuurlijk een deel van de oplossing”, denkt Vaessen.

De inpassing van DC in een AC-net moet trouwens niet onderschat worden. Er kan veel met DC, maar een regeling heeft wel gegevens nodig van sensoren voor spanning, stroom en fase door het hele net heen - en die zijn er vaak (nog) niet. Daar komt nog bij dat het distributienet waarschijnlijk niet stabiel wordt van de toevoeging van de programmatuur voor het DC-gedeelte. Vaessen herinnert eraan dat stroomstoringen meestal veroorzaakt worden door falende beveiligingen en regelingen. “DNV GL is, net als ik zelf, overtuigd dat DC een onderdeel van de oplossing is”, besluit Vaessen. “Je hebt het nodig, maar het komt niet vanzelf in het net. In de overgangperiode halen we ons nog heel wat op de hals.”

‘Eén zwaluw maakt nog geen DC-net’

“Gelijkspanning is een kans voor Joulz”, vindt ir. Tim Zijderveld.

“We willen de kennis in huis hebben voor ontwerp en realisatie van DC-netten. Tegelijk steken we veel moeite in het ontwikkelen van een markt. Volgens ons is DC een techniek waar iedereen naar moet kijken.”

De afgelopen jaren heeft hij op diverse podia de voordelen van gelijkspanning onder de aandacht gebracht. Zijderveld werkt bij Joulz, het energie-infrabedrijf van Eneco, dat opdrachten uitvoert voor ondermeer netbeheerders, industrie en gemeenten.

De overgang van een wissel- naar een gelijkspanningsnet ziet hij als een langzame beweging van dominosteentjes. “Als één huishouden op DC draait, en voor veel huishoudelijke apparatuur is dat geen probleem meer, dan gaat dat tot de meterkast. Als dan de huizen ernaast ook overschakelen op gelijkspanning, dan komt er een moment dat de netbeheerder zegt: dan sluit ik dat rijtje huizen aan op DC en zet er gelijk een accupakket bij in de wijk.”

Wat de dominorevolutie tegenwerkt is het bestaande netwerk, de *installed base*.

“Er is veel geïnvesteerd in de infrastructuur vanaf de meterkast naar de trafo’s in het wijkstation. Zulke apparatuur heeft een afschrijvingstermijn van 40-50 jaar, en bovendien zijn die transformatoren erg efficiënt. Een netbeheerder gaat die niet wegdoen omdat er iemand in de wijk graag een DC-aansluiting wil. Eén zwaluw maakt nog geen gelijkspanningsnet”, parafraseert Zijderveld.

De eerste gelijkspanningsnetten verschijnen nu in de professionele branche. Dat is veiliger voor een beginnende technologie, vindt Zijderveld. Vandaar dat de eerste DC-netten in glastuinbouw en datacentra zijn opgezet. Industrie en koelhuizen zullen naar verwachting snel volgen.

Een bijkomend voordeel van de professionele markt is het grotere verbruik waardoor



Tim Zijderveld, manager New Business bij Joulz.





Joulz z'n investeringen eerder terugverdient. “Met 3500 kilowattuur per jaar als gemiddeld gezin, duurt het erg lang voordat de installatie is terugverdiend”, legt Zijderveld uit. “Een glastuinbouwer gebruikt dat in een dag, zodat de installatie snel terugverdiend kan worden uit de winst die we maken op het transport.”

Het transporttarief wordt mede vastgesteld door de Autoriteit Consument en Markt (ACM). Zijderveld verwacht dat de marge tussen dat tarief en de werkelijke kosten bij gelijkspanning groter zal zijn. Zolang er per kilowattuur wordt afgerekend en er geen verschil gemaakt wordt tussen een AC en een DC aansluiting, kan de DC businesscase voor netbeheerders positief uitvallen. Immers, DC-transport kent minder verlies en vereist minder dikke kabels. Dat houdt de bedrijfskosten laag en daarmee de kosten voor de maatschappij. Zijderveld: “Joulz streeft naar verduurzaming én verlaging van maatschappelijke kosten. Bij gelijkspanning gaat dat gelijk op.”



‘Soms is gelijkspanning handiger’

Gelijkspanning is fantastisch in heel specifieke gevallen, benadrukt energieconsultant Maarten van Riet van netwerkbedrijf Alliander. Neem de mogelijkheid om per zonnepaneel te zien hoe goed ze het doen. “Een kleine convertor maakt per paneel van een door de variërende zonkracht gegenereerde variabele gelijkspanning een netwisselspanning van 230 volt. Daardoor zie je de productie per paneel.”

Bij apparatuur aan het einde van het elektriciteitsnet zijn dat soort slimmigheden met gelijkspanning ontzettend handig. Een slimme auto is een ander voorbeeld. De batterij daarvan werkt op gelijkspanning en die moet ook zo intelligent mogelijk zijn, om het gebruik te optimaliseren.

Maar dat betekent volgens de energieconsultant niet dat gelijkspanning overal toegepast dient te worden. “Het elektriciteitsnet zelf mag heel dom zijn. De infrastructuur zoals die er nu grotendeels ligt met wisselspanning is spotgoedkoop, en kan nog vele jaren mee.”

Als voorbeeld noemt Van Riet een 400 kVA transformator aan het begin van een straat, die ongeveer vijfduizend euro kost. “Daarmee voorzien we vierhonderd huizen van stroom. In wezen is dat een plas olie in een stalenbak met daarin een ijzeren kern en daaromheen in papier gewikkelde koperen windingen. Er zijn geen bewegende onderdelen. De trafo is ontzettend dom, maar heel betrouwbaar en kost weinig.” Het huidige systeem is met wisselspanning gebouwd en daarom ziet Van Riet voor het gewone elektriciteitsnet geen alternatief in gelijkspanning. “Bovendien is het bij gelijkspanning veel gecompliceerder om af te schakelen wanneer er kortsluiting optreedt.”



Maarten van Riet, energieconsultant Alliander.





Nog een voorbeeld waar een gelijkspanningsnet goed werkt, is bij het vervoer met trolleybussen. In Arnhem hangt zo'n net kriskras door de stad. Daarbij wordt zevenhonderd volt gelijkspanning gebruikt. Wanneer de bussen remmen, maken ze daar slim gebruik van. Eerst remt de bus door stroom terug te leveren aan het net. Daardoor stijgt de spanning naar maximaal negenhonderd volt en pas dan remt de bus mechanisch. Een andere bus, even verderop, maakt op dat remmoment vervolgens gebruik van de terug geleverde remenergie. "En rijdt deels 'gratis' op de extra energie die de andere bus ervoor met remmen opwekte."

Van Riet pleit daarnaast voor proefprojecten met gelijkspanning. "Om steeds opnieuw aan te tonen dat wisselspanning aantrekkelijk is. Maar ook om altijd open te staan voor een mogelijke zinvolle verandering." Van Riet was medebegeleider van een afstudeerder die onderzocht of het een goed alternatief is om gelijkspanning in de wijk aan te leggen in plaats van wisselspanning. "Daaruit bleek dat het nog steeds betrouwbaarder en goedkoper is om in de straat wisselspanning te behouden. Soms is gelijkspanning handiger. Maar gelijkspanning moet geen ideologie worden. We moeten steeds bekijken waar wat het beste past."

‘We krijgen waarschijnlijk een soort mix’

Danny Geldtmeijer heeft zijn stroomverbruik de afgelopen jaren zien verdrievoudigen. Het begon met 4.000 kWh per jaar ‘voor de standaard-show.’ Toen kwam daar 3.500 kWh bij voor de warmtepomp en even later nog 4.000 kWh voor de elektrische Volkswagen Golf. Aan de andere kant: hij betaalt geen gas meer en ook geen benzine.

Als rasechte techneut die via LTS, MTS en HTS uiteindelijk ook de TU/e doorliep, brengt ir. Geldtmeijer thuis in praktijk waar hij tijdens zijn werk bij netbeheerder Enexis, of als lector aan de Avans Hogeschool over praat: de veranderingen in het elektriciteitsnet en hoe daarop te anticiperen.

Op zijn dak liggen zonnepanelen en bij zijn werktafel en boven het aanrecht heeft hij strips met USB-contacten aangebracht als stopcontact voor opladers, tablets, smartphones en zo meer.

Op de vraag of gelijkspanning de toekomst heeft, trekt Geldtmeijer de vergelijking tussen gelijkspanning en elektrisch rijden: “Is dat de toekomst? Waarschijnlijk wordt elektrisch rijden, net als gelijkspanning, een deel van de toekomst en komen we uit op een soort mix. Op de weg rijden zowel conventionele als elektrische auto’s en de elektriciteitsvoorziening kent straks gelijkspanning en wisselspanning – net wat op die plek het handigst is.”

Zijn eigen huis lijkt met zonnepanelen, warmtepomp en elektrische auto al op wat deskundigen als toekomstbeeld van het huishouden voor ogen hebben. Alleen een opslag in de vorm van een accupakket ontbreekt er nog aan. Voor zo’n huishouden kan het voordelig zijn om over te stappen op een gelijkspanningnet omdat je daarmee de herhaaldelijke DC-AC en AC-DC omzettingen omzeilt.



Danny Geldtmeijer, Enexis en Avans Hogeschool.





Het verlies van omzetters wordt onderschat, zegt Geldtmeijer. “Als je hoort 95 procent rendement, denk je dat het wel goed zit. Tot je beseft dat die waarde voor draaien op topcapaciteit geldt. Als een converter op 20-30 procent van zijn capaciteit draait, kun je zo maar de helft van je energie kwijt zijn.”

Dat besef kan iemand ertoe doen besluiten om over te stappen op een DC-systeem in huis, hoewel zoiets nog niet standaard leverbaar is. Er zijn nog geen voorschriften voor en bovendien ontbreekt bij veel installateurs de kennis.

“Installateurs worden ‘bloednerveus’ van DC-systemen”, weet Geldtmeijer. “Ze zijn blauwe en bruine draden gewend, en dan hebben ze opeens met zwart en rood te maken. Sommigen vinden het spannend en interessant, anderen vinden het te spannend en rennen weg. Dat laatste komt vaker voor.”

Het beeld dat Geldtmeijer schetst is een langzame revolutie van onderop, waarbij gelijkspanning stukje bij beetje het net insluipt – ondanks de genoemde obstakels. Hij ziet parallellen met de aanleg van het elektriciteitsnet 150 jaar geleden. “Dat begon bij losse fabrieken, toen volgde de directeurswoning, daarna wat straten en uiteindelijk het hele dorp. Na verloop van tijd begonnen de lokale netten elkaar te overlappen en raakte heel Nederland met elkaar verknoopt in een wisselspanningsnet. Nu begint DC met hier en daar een woning, en ook dat kan weer uitgroeien. Voor netbeheerders zoals Enexis wordt de vraag dan: schakelen we het net ook over op DC?”

Een reden daarvoor kan zijn om tegemoet te komen aan toegenomen vraag en productie (bijvoorbeeld door zonnepanelen). Met gelijkspanning gaat er bijna anderhalf keer meer vermogen door een zelfde kabel. Door over te schakelen naar DC kan een bestaande kabel langer blijven liggen.

Datzelfde kan Geldtmeijer zich ook voorstellen in het distributienet, bij 10 kV kabels die van een hoogspanningsstation naar de transformatorhuisjes in de wijk lopen. “Stel je hebt een kabelbundel lopen van tien kilometer lang. En na 25 jaar is de capaciteit





vol. Maar zo'n kabel gaat wel 50 tot 100 jaar mee. Als je dan aan voor- en achterkant van de kabel een AC/DC converter zet, kan de gelijkspanning over de kabel omhoog, en daarmee de capaciteit. Zo kan DC je helpen om tien kilometer kabel uit te sparen.”

Voorlopig lijkt dat echter niet aan de orde omdat het gebruik van elektriciteit de laatste jaren nagenoeg gelijk gebleven is - waarschijnlijk als gevolg van de crisis.





Colofon

Eindredactie: Harry Stokman
Tim Zijderveld
Lou van der Sluis

Redactie: Jos Wassink
Robert Visscher

Foto's Sam Rentmeester

Infographics Eric Verdult

Vormgeving Theo van Vliet, Sandedruk

Druk SandeDruk Nootdorp

Productie Onderzoeksboek.nl

Uitgever TU Delft Library, 2014

Deze uitgave kwam tot stand dankzij financiële bijdragen van Rijksdienst voor Ondernemend Nederland (RVO.nl), Ministerie van Economische Zaken (rijksoverheid.nl/ministeries/ez), Direct Current BV (directcurrent.eu/nl), Joulz (joulz.nl) en de Stichting Gelijkspanning (gelijkspanning.org).

ISBN/EAN 978-94-6186-334-8



Groot gelijk

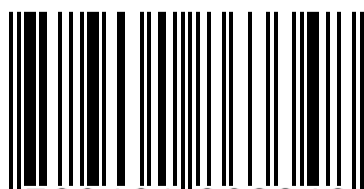
de toekomst van gelijkspanning in Nederland

Ons elektriciteitsnet is de erfenis van ruim honderd jaar behoedzaam voortbouwen op de fundamenten van de wisselspanning. Maar de belangrijkste veranderingen in opwekking, gebruik en transport voltrekken zich op gelijkspanning. Denk aan de groeiende hoeveelheid zonnepanelen, steeds meer elektrische auto's en het elektriciteitstransport over honderden kilometers.

Als we het elektriciteitsnet opnieuw zouden ontwerpen, zou het waarschijnlijk op gelijkspanning werken omdat dat beter te sturen is, minder omzettingen vereist en bespaart op materiaal. Maar we hebben te maken met een bestaand wisselspanningnet dat zeer betrouwbaar, goedkoop en efficiënt werkt en dat nog decennia zal blijven doen.

Deze uitgave is een verkenning naar de mogelijkheden en kansen voor gelijkspanning, zowel in technische als in economische zin. Vroeg of laat kom je erachter dat DC de beste mogelijkheden biedt, vinden initiatiefnemers Harry Stokman en Tim Zijderveld. Maar wat is de beste inpassing in de bestaande wisselspanningomgeving?

ISBN 978-94-6186-334-8



9 789461 863348

OnderzoeksBoek.nl



99



Inhoud

Hoofdstuk 1

Hoofdstuk 2

Hoofdstuk 3

Hoofdstuk 4

Hoofdstuk 5