

# Introductie in gelijkspanning distributienetten

Dit artikel beoogt de noodzaak te laten zien van het overwegen van gelijkspanningsnetten in Nederland. Daarnaast komen de onderzoeks- en onderwijsprogramma's voor gelijkspanningsnetten aan de orde. Ten slotte wordt het belang van het opzetten van een solide netwerk voor het overdragen van kennis van kennisinstellingen naar lokale en regionale operationele mkb'ers onder de aandacht gebracht. Het laatste gedeelte van het artikel gaat in op een DC-laagspanningsnetwerk. Dit ter voorkoming van DC-AC en AC-DC omzettingen. De nadruk ligt op de duidelijke voordelen van DC-laagspanningsnetten in termen van duurzaamheid.

J.B. (Johan) Woudstra<sup>1</sup>, P. (Pepijn) van Willigenburg<sup>1</sup>, B.B.J. (Ben) Groenewald<sup>2</sup>, H. (Harry) Stokman<sup>3</sup>, S. (voornaam?) de Jonge<sup>4,5</sup>, S. (voornaam?) Willems<sup>4,5</sup>

1.The Hague University of Applied Sciences (THU), Delft, Netherlands, 2.Cape Peninsula University of Technology (CPUT), Cape Town, South Africa, 3.DC Current b.v., Aalsmeer, The Netherlands, 4.Group T – University College Leuven, Leuven, Belgium, 5.CORE cvba-so, Leuven, Belgium

Het wereldwijde elektriciteitsverbruik stijgt continu. Elektrificatie van vervoer, huizen, kantoren, fabrieken en vele andere faciliteiten zorgen voor een toenemende vraag. Maar ook het gebruik van duurzame elektriciteit binnen de stedelijke omgeving neemt toe. Zonnepanelen op daken van gebouwen zijn hiervan een voorbeeld.

Deze belastingen en duurzame elektriciteitsbronnen hebben één ding gemeen: Direct Current (gelijkspanning). Belastingen zoals computers en led-lichtbronnen die werken op gelijkspanning rukken steeds verder op. De invoering van deze DC-belastingen en duurzame DC-energiebronnen in het net dragen bij aan de wijze waarop het huidige elektriciteitsnet zich zal gaan gedragen. Niet alle effecten zijn echter gunstig voor het net. Het huidige net voorziet tot nu toe in een zeer stabiele en zeer betrouwbare levering voor al

haar gebruikers. Dit kan wellicht veranderen in de nabije toekomst, met name in dichtbevolkte gebieden zoals Nederland en België. Hier worden AC-transport- en distributienetten geconfronteerd met meer stabiliteits- en betrouwbaarheidsproblemen. Gelijkspanning en hun toepassingsmogelijkheden kunnen waardevolle oplossingen bieden

## ■ CONTINUE GROEI

De continu groeiende vraag naar elektriciteit vereist het overwegen van natuurlijke bronnen voor de opwekking van elektriciteit. Echter, het is noodzakelijk om niet alleen de elektriciteitsopwekking in beschouwing te nemen maar ook de verliezen en kosten die verbonden zijn aan de verschillende conversies tussen AC- en DC-netwerken. In Nederland is de vraag naar elektriciteit sterk gegroeid als gevolg van, onder andere:

- elektrisch transport: treinen, auto's, motoren en scooters;
- opslag in de cloud en dataservers;
- het gebruik van airconditioning.

Voor de toekomst wordt verwacht dat deze trend zich doorzet, de vraag naar elektrische energie groter wordt en meer installaties gevoed worden met elektrische energie in plaats van met fossiele brandstoffen. Tevens wordt er een toename van energiebronnen verwacht die elektriciteit op basis van gelijkspanning energie produceren.

De groei van duurzame energie-installaties in stedelijke en industriële gebieden creëert nieuwe mogelijkheden en nieuwe problemen of uitdagingen. Eén van de mogelijkheden is het ontlasten van de (bestaande) energiecentrales. Een uitdaging is de introductie van DC in de huidige AC-netten. Dit kan leiden tot

een overschot van DC, hetgeen harmonische vervormingen en instabiliteit in het elektriciteitsnet kan veroorzaken. Hoe kunnen we omgaan met deze kansen en uitdagingen? De gemeenschappelijke factor is Direct Current (gelijkspanning), zowel bij de bron als bij de belasting.

## ■ COMEBACK

Laagspanning gelijkspanningsnetten zijn niet nieuw. Thomas Alva Edison patenteerde in 1880 de eerste gloeilamp en startte de bouw van de eerste DC-energiecentrale in Pearl Street, New York, inclusief een netwerk dat 59 klanten voorzag van 110V DC. In die tijd was het niet mogelijk om DC om te zetten naar een hoogspanningsniveau. Hierdoor was het niet mogelijk om energie door middel van gelijkspanning te vervoeren over langere afstanden. Nikola Tesla bedacht het wisselstroomconcept in 1886, gelijk met het concept van het gebruik van transformatoren voor het opvoeren van de spanning. Deze transformatoren brengen de stroom terug. Het werd mogelijk om elektrische energie over grotere afstanden te vervoeren doordat de verliezen beperkt bleven. Dit was het begin van de ontwikkeling van AC-netten.

Door ontwikkeling in hoogvermogens elektronica zijn de belemmeringen om te werken met DC-stroom op hoogspanningsniveau nu vervallen. DC-stroomvoorziening is dan ook bezig aan een comeback. De toepassing van transport van elektrische energie op hoogspanningsniveau op basis van gelijkspanning (HVDC) neemt toe. Gelijkspanning is ook aanwezig in de distributienetten van 230V tot 50kV. Fotovoltaïsche panelen (pv) produceren gelijkspanning en wanneer deze aangesloten worden op de huidige netten moet de DC-output omgevormd worden naar AC. Windturbines produceren een AC-uitgangsspanning met een variabele frequentie en aansluiting op het net is alleen mogelijk via een omvormer (AC-DC-AC). Verder zien we dat steeds meer belastingen gelijkspanning nodig hebben als voedingspanning. De vraag komt naar boven waarom we dan wisselstroom (AC) gebruiken voor het transport en de distributie van elektrische energie.

Het lijkt dan ook logisch om de overstap naar een laagspanning DC-distributienet te heroverwegen, om zo conversies tussen AC/DC te vermijden. De voordelen van gelijkspanningsnetten op laagspanningsniveau zijn:

- een hogere efficiëntie;
- materiaalbesparing;
- een langere levensduur van de apparatuur.

Door deze hernieuwde belangstelling in DC



-Figuur 1- Enkele DC-bronnen en -gebruikers

zijn de auteurs en vijftien leden van diverse industrieën in Nederland bijeen gekomen om te beslissen over een strategie om DC-netten te doen herleven. Om dit te doen, was er de consensus om een nieuw onderzoek- en onderwijsprogramma te introduceren waarin de voor- en nadelen van geschaalde DC-netten in beschouwing worden genomen. Dit nieuwe programma heeft als doel het genereren van kennis. Daarnaast is het doel om sterke netwerken te bevorderen voor kennisoverdracht van kennisinstellingen naar lokale en regionale mkb'ers, gericht op het verbeteren van hun innovatieve capaciteit en het behouden van hun competitieve voordeel.

## ■ TERUG NAAR DE TOEKOMST

Voor 1880 was elektriciteit voornamelijk puur experimenteel. Met de uitvinding van de gloeilamp in 1879 werd elektriciteit belangrijker; iedereen wilde gebruik maken van elektrische verlichting. Batterijen waren niet langer toereikend om aan de energievraag te voldoen, waardoor de behoefte aan DC-generatoren toenam.

Thomas Alva Edison (1847-1931) initieerde de bouw van de eerste DC-energiecentrale in Pearl Street, New York, inclusief een netwerk dat 59 cliënten voorzag van 110V DC. In veel andere plaatsen werden ook DC-netten gebruikt. Kort na de realisatie ontstond er een probleem: De DC-spanningskabels zijn beperkt in hun lengte ten gevolge van beperkingen in het spanningsverlies.

Nikola Tesla (1856 - 1943) bedacht het wisselstroomconcept in 1886, samen met het concept van het gebruik van transformatoren voor het verhogen van de spanning. Dit veroorzaakt een evenredig lagere stroom. Hierdoor werden de transportverliezen beperkt. In de late jaren 1880 woedde een onbeleeft campagne tussen Tesla en Edison, de zogenaamde 'stroomoorlog'. Tesla kwam naar voren als winnaar, waardoor het begin van het AC-net gemarkeerd werd.

Na de uitvinding van de transistor in 1947 door John Bardeen startte de elektrische revolutie. Juist de ontwikkelingen in de vermogenselektronica maakte een comeback voor gelijkspanning mogelijk. Transport van elektrische energie door middel van gelijkspanning op hoogspanningsniveau (HVDC) wordt nu steeds vaker gebruikt. In aanvulling op HVDC, is gelijkspanning ook aanwezig in residentiële en stedelijke netten van 230V tot 50kV. Pv-panelen produceren gelijkspanning. Windturbines produceren een AC-spanning met een variabele frequentie; aansluiting op het net is alleen mogelijk via een omvormer (AC-DC-AC). Bijna alle gebruikers hebben gelijkspanning als toevoerspanning nodig. Figuur 1, zie vorige pagina, geeft enkele DC-bronnen en gebruikers weer.

## ■ VOOR- EN NADELEN

Enkele voor- en nadelen van AC zijn:

- + efficiënte transformatoren;
- + schakelen zonder vlamboog;
- + mogelijk selectieve beveiliging;
- + grootschalig gebruik;
- reactief vermogen;
- spanningsfactor;
- verliezen bij hoogspanningstransport;
- benodigd kortsluitingsvermogen (zeker met gedecentraliseerde energiewinning);
- moeilijkheid om verschillende netten op elkaar aan te sluiten.

Enkele voor- en nadelen van DC zijn:

- + duurzame bronnen en gebruikers werken meestal met DC;
- + lagere verliezen bij transport met hoge vermogens (HVDC-kabels);
- + minder conversies bij hogere frequenties;
- + mogelijkheid om meer vermogen over een kabel of draad met dezelfde doorsnede te transporteren;
- + geen reactief vermogen;
- + geen powerfactorproblemen;
- + Betrouwbare powerlinecommunicatie;

- + langere levensduur;
- + geen kortsluitingsvermogen: DC-netten zijn door al de gebruikte elektronica intelligent en bij een kortsluiting wordt er meteen afgeschakeld (de kortsluiting blijft dus niet staan). Een DC-installatie hoeft dus geen kortsluitvermogen te kunnen leveren;
- + verminderd gebruik van grondstoffen;
- (nog) geen gestandaardiseerde veiligheid;
- moeilijke mechanische schakeling;
- standaardisatie is alleen beschikbaar voor hoogspanning DC en vrijwel niet voor laagspanning DC;
- niet algemeen bekend.

## BESPARINGEN

Het onderzoeksprogramma heeft als doel het zoeken naar materiaal- en energiebesparingen. Daarnaast is het belangrijk om de levensduur van DC-componenten te verkennen. De levensduur van AC-apparatuur en -componenten is beter gedefinieerd. Het is noodzakelijk dat de levensduur van DC-apparatuur net zo lang is als van AC-apparatuur (40 jaar). Wellicht is het goedkoper om DC-installaties elke 10 jaar te vernieuwen. In dat geval is het belangrijk dat de materiaalbronnen makkelijk bereikbaar en recyclebaar zijn.

In figuur 2 is een normale 3-fase, 3kVA, 50Hz AC 400/20V 150A-transformator weergegeven met een gewicht van 40 kg. Ook is een DC 350/16V 200A 3.200W-transformator weergegeven. De transformator die gebruikt is in de DC/DC-omvormer weegt 0,4 kg, de frequentie is 30 kHz. De elektronica en de behuizing wegen 2,6 kg, hetgeen een totaalgewicht van 3 kg oplevert.

Tot slot, de DC-transformator is veel kleiner en gebruikt veel minder materiaal dan de AC-transformator. Omdat er veel transformatoren in het 3-fase distributienet aanwezig zijn, zou de impact van een overgang naar een DC-net aanzienlijk zijn. Het is duidelijk dat een DC-wereld grote hoeveelheden koper en ijzer zou kunnen besparen. Wanneer men zich ook realiseert dat er minder omvormingen nodig zijn in een DC-wereld, wordt de impact nog duidelijker. Wanneer lokaal geproduceerde duurzame energie wordt gebruikt, is een aanzienlijk aantal omvormingen nodig in het AC-netsysteem (zie tabel 1).

De eerste conversie is een DC-DC-stap waarbij een relatief lage spanning van de pv-panelen wordt omgevormd naar een hogere spanning. De efficiëntie van deze conversie is  $\pm 96\%$ . De volgende stap is een DC-AC-conversie met een efficiëntie van  $\pm 93\%$ . Het transport van de AC-energie kan gedaan worden met een efficiëntie van  $\pm 95\%$ . De volgende conversie is van AC-DC met een efficiëntie van  $\pm 95\%$ . Een laatste conversie is de stap om van laagspan-

pv	$\pm 25$	DC	AC	AC	$\pm 300$	DC
panels	-	-	transport	-	-	belasting
	320V	AC		DC	20V	
	DC				DC	

-Tabel 1- AC wereld

pv	$\pm 25$	DC	350	DC
panels	-	transport	-	belasting
	350V		20V	
	DC		DC	

-Tabel 2- DC-wereld

ningsniveau (300V), naar het benodigde lage DC-voltage te komen. Dit kan met een efficiëntie van  $\pm 97\%$ . De totale efficiëntie van al deze conversies is  $\pm 80\%$ .

Ter vergelijking: het aantal conversies dat benodigd is voor alleen een DC-systeem is klein (zie tabel 2).

Door de hogere spanning die gebruikt wordt, 350V in plaats van 230V, is DC-transport ( $\pm 2,5\%$ ) efficiënter in vergelijking tot AC-transport. De totale efficiëntie is  $\pm 92\%$ , hetgeen resulteert in een energiebesparing van ongeveer 10%. Dit getal geeft de energiebesparing aan die mogelijk is voor een huishouden. Er wordt hierbij alleen rekening gehouden met de interne distributie van energie. Extra besparingen worden verwacht ten aanzien van de gebruikte materialen. Omdat DC-systemen minder stroom verbruiken dan AC-systemen is er minder koper nodig.

De elektronica die benodigd is voor de conversiestappen in de DC-wereld is ook veel eenvoudiger in vergelijking tot de componenten in de AC-wereld. Het is waarschijnlijk mogelijk om elektrolytische condensatoren weg te laten. Deze componenten hebben een relatief korte levensduur. Door deze stap wordt de levensduur van het apparaat als geheel verbeterd. Zo zit in moderne lampen tegenwoordig vermogenslektronica om de lamp (bv. led) te voeden. Meestal gaat deze vermogenslektronica kapot voordat de levensduur van de lamp bereikt is. Dit komt omdat in de schakeling elektrolytische condensatoren gebruikt worden en deze hebben een beperkte levensduur. Als deze lampen met gelijkspanning gevoed worden, wordt de aansturing een stuk simpeler en zijn deze kwetsbare elektrolytische condensatoren niet nodig. De levensduur wordt dan de levensduur van de led zelf.

## TRENDS IN DC-NETTEN

Wanneer het net als geheel wordt beschouwd dan kan men zien dat DC-stroom al aanwezig is als HVDC in het transportnet en dat LVDC in de toekomst in het distributienet voor gaat



-Figuur 2- Een AC- en DC-transformator van 3kVA

komen. In figuur 3 wordt het elektriciteitsnet nu en in de toekomst weergegeven. In het huidige elektriciteitsnet wordt gelijkspanning meestal gebruikt om energie over lange afstanden en met hoge spanningen te transporteren. Een voorbeeld is de 500 km HVDC-kabel tussen Nederland en Noorwegen. In de toekomst verwachten we dat in het transportnet het HVDC-gebruik zal stijgen. De energie van de offshore windturbineparken moet namelijk over lange afstanden worden vervoerd. Een goed voorbeeld hiervan is Duitsland. De offshore windturbineparken liggen ten noorden van onze oostburen, terwijl de meeste (industriële) belastingen in het zuiden van Duitsland plaatsvinden. De laatste tijd is DC-stroom ook een belangrijke rol gaan spelen in het distributienet. In het huidige (gecentraliseerde) net zijn er weinig bronnen aanwezig in het distributienet. Echter, in het (decentrale) distributienet van de toekomst zal een groot aantal, overwegend duurzame, bronnen (wind en zon) worden aangesloten in de stedelijke gebieden. Wetende dat bijna alle belastingen werken met DC-spanning en dat alle duurzame bronnen een DC-voltage – direct of indirect – produceren, is het logisch om ook de energie te distribueren via een DC-transportnet zodat AC/DC-conversies voorkomen kunnen worden.

## HUIDIG ONDERZOEK

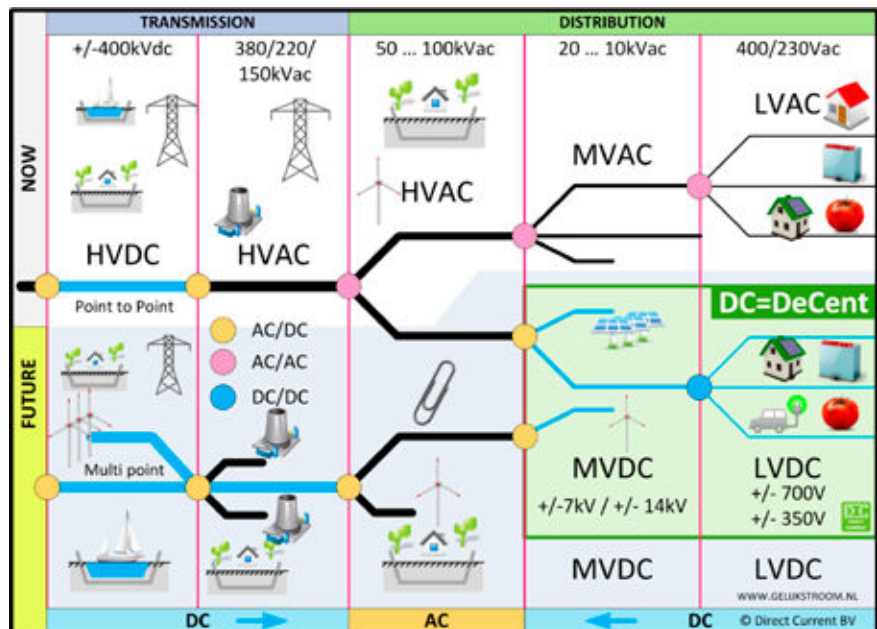
Het huidige onderzoek richt zich op HVDC-toepassingen (>400kV) en op de toepassingen met laagspanning (12/24V): boten,

campers en caravans. Er wordt bijna geen onderzoek verricht in het spanningsbereik van 100 tot 1.500V. Wanneer gekeken wordt naar de nieuwe ontwikkelingen van decentrale duurzame elektriciteitsproductie kan men zien dat een toenemend aantal consumenten 'prosumenten' is geworden. Ze produceren hun eigen energie, vanuit duurzame bronnen, om zo in hun eigen behoeften te voorzien. Meestal betekent dat de verkoop en handel van en in een energieoverschot. Ons energiesysteem evolueert naar een multi-directioneel distributiesysteem, waarvoor het niet is ontworpen. Deze kleine en vaak duurzame energiecentrales (wkk, wind, zon) hebben een paar dingen gemeen, waaronder het duurzame karakter. Hun onvoorspelbaarheid veroorzaakt storingen in het net. Het andere 'einde' van het net, dat van de consumenten, heeft te maken met soortgelijke problemen.

De elektrisch belastingen bevatten steeds meer solid-state componenten (omzetters die van AC DC maken). Deze omzetters (en belastingen) veranderen het gedrag van ons elektrisch net, en niet alle effecten hiervan zijn voordelig. Netbeheerders worden aangespoord of soms zelfs gedwongen om te investeren in het net. Zodanig dat er toegang aan prosumenten tot het net geboden kan worden, en om de veiligheid, betrouwbaarheid en bruikbaarheid te handhaven. De toename van apparatuur die gelijkspanning nodig heeft en de toepassingen hiervan kunnen worden gezien als de aanstichters. Er is een behoefte aan een onderzoek naar de effecten van de toename van het gebruik van gelijkspannings-apparatuur. Daarbij moet onderzocht worden of een volledig DC-net een zinvolle optie is om storingen te voorkomen.

Gelijkspanning is minder gevaarlijk dan AC. Er is alleen sprake van Ohmse weerstand. De mogelijke aanraakspanning is dan ook hoger dan bij AC. In de DC-wereld is het niet het spanningsniveau dat gevaarlijk is, maar de hoeveelheid stroom. Bij DC mogen er geen aardlekstromen lopen in een installatie. Zo gauw een aardlekstroom gedetecteerd wordt moet er afgeschakeld worden. Een hoge DC-stroom is moeilijk mechanisch uit te schakelen. Slechte verbindingen kunnen ook heel gevaarlijk zijn, omdat vlambogen brand kunnen veroorzaken.

Het werken met 24V in huishoudelijke installaties wordt niet aanbevolen vanwege de hoge stroom. De transportverliezen zijn relatief groot en er zijn dikke koperen draden benodigd. Hierdoor wordt de installatie als geheel erg duur en niet duurzaam. Zelfs voor het leveren van kleine stromen moet er gewerkt worden met hoge spanningen wanneer er grote vermogens vereist zijn. Wanneer er



-Figuur 3- Het elektriciteitsnet: nu en in de toekomst

rondgekeken wordt in de DC-wereld blijkt dat gelijkspanningsniveaus niet gestandaardiseerd zijn; de volgende spanningen werden bijvoorbeeld gerapporteerd: 12, 24, 48, 56, 60, 110, 220, 350, 380, 400, 500, 600, 700, 900, 1.000, 1.100, 1.200 en 1.400V. Onderzoek dient te worden uitgevoerd om te bestuderen welke spanningsniveaus de voorkeur hebben. Het is belangrijk om beneden de 1.500V te blijven, omdat dit in Europa de grens is tussen laagspanning en hoogspanning. Boven de 1.500V zijn er aanvullende eisen van toepassing.

### ■ ONDERZOEK EN ONDERWIJS

Gelijkspanning (als thema) heeft zichzelf gepresenteerd als een onderzoeks- en onderwijskans. In een van onze eerdere onderzoeken ondernemerprogramma's, KITE120 heeft de THU bijgedragen aan de ontwikkeling van DC-gestuurde assimilatieverlichting in de tuinbouwkassector. De resultaten waren veelbelovend: de economische voordelen zijn voor de betrokken mkb'ers en potentiële kopers aanwezig, en er zijn ook ecologische voordelen als gevolg van de vermindering van het energiegebruik.

De Haagse Hogeschool (HHS) heeft dit potentieel erkend en een nieuw tweejarig onderzoeksprogramma geïnitieerd in samenwerking met de opleiding Elektrotechniek en het lectoraat Energie en de Gebouwde Omgeving. Dit onderzoeks- en onderwijsprogramma richt zich op mkb'ers en hun kansen op het ontwikkelen van state-of-the-art producten en diensten, op basis van nieuwe kennis over gelijkspanning. Tien mkb'ers, twee industriële partijen (met meer dan 250 werknemers) en drie andere universiteiten nemen deel aan het programma. In dit nieuwe programma zullen

drie verschillende niveaus in elektriciteitsnetten, zogenaamde DC-distributienetten, worden gemodelleerd, gesimuleerd en deels gerealiseerd.

Het programma wordt samen met partners uit het bedrijfsleven geschreven. De vermindering van het energiegebruik, een langere levensduur en materiaalbesparing spelen een belangrijke rol in hun motivatie om deel te nemen. De eerste vragen van de industrie zijn:

- Kan een DC-distributienet bijdragen aan een aanzienlijke vermindering van het gebruik van energie en materialen, zonder een dramatische verandering te veroorzaken in de functionaliteit en kosten?
- Wat is de levensduur van een product wanneer DC hierin wordt toegepast?
- Welke DC-spanningsniveaus worden gebruikt?

Daarnaast zijn financiële indicatoren, veiligheid en standaardisatie aspecten waarnaar gekeken wordt.

Dit onderzoek zal zich richten op drie verschillende distributienetten (micro-DC-net, mini-DC-net en midi-DC-net), het creëren van nieuwe systemen en de renovatie van bestaande installaties. Zowel de korte- als langetermijnoverwegingen worden in beschouwing genomen.

De onderzoeksmethoden zijn:

- het verkennen van de technische mogelijkheden (proof of concepts, prototypes, beta-releases) door modellering, simulatie en laboratoriumtesten;
- het vergelijken van AC- en DC-opstellingen door te kijken naar het energie- en materiaalgebruik;
- het testen van de veiligheid, bruikbaarheid en betrouwbaarheid en normen.

## ■ PARTNERS

Eén van de eerste stappen bij het opzetten van het programma was het bouwen van een consortium van industriële partners en onderzoeks- en onderwijsinstellingen. Belangrijke spelers en opinieliders werden geïdentificeerd en uitgenodigd om deel te nemen. De betrokken projectpartners omvatte tien mkb'ers, drie niet-mkb'ers en drie andere onderwijs- en onderzoeksinstellingen.

De mkb-partners hebben zeer verschillende achtergronden. Dit project brengt de volgende partners samen: drie elektrische ingenieursbureaus, twee ontwerp bureaus, twee particuliere onderwijsinstellingen, een leverancier in kasverlichting, een Nederlandse leverancier van windmolens in Kenia en een adviesbureau gespecialiseerd in installaties voor de gebouwde omgeving.

De lijst van niet-mkb-partners bevat twee zeer grote bedrijven die betrokken zijn bij de Nederlandse elektriciteitssector en een ontwikkelingsagent in glastuinbouwgebieden. De onderzoeks- en onderwijspartners zijn de Technische Universiteit Delft, Groep T (deel van de KU Leuven) en CPUT.

## ■ MICRO-DC-NET

De definitie van een micro-DC-net is een net met een stroomverbruik van minder dan 5.000 kWh per jaar. Deze waarde komt overeen met het gemiddelde jaarlijks verbruik van een Nederlands huishouden.

Onderzoeksvragen zijn:

- Wat is de optimale grootte voor een duurzame huishoudelijke energiecentrale?
- Hoe kan men optimaal gebruik maken van de duurzame krachtbronnen, ontwerpsystemen voor energiebeheer en het ontwerp energieopslag?
- Is het makkelijk om AC-installaties om te zetten in DC-installaties?
- Wat is het rendement van de gehele installatie en individuele gebruikers?
- Wat zijn de economische en ecologische gevolgen?
- Zijn DC-netten veilig te gebruiken in een huishouden?

Om het onderzoek uit te voeren en de resultaten te laten zien is een demolab gebouwd op de HHS, waar studenten en onderzoekers proeven met huishoudelijke apparatuur uitvoeren. Geïnteresseerde bedrijven kunnen ook gebruik maken van deze testfaciliteit. Zonnepanelen op het dak van het gebouw zullen gebruikt worden als energiebron.

## ■ MINI-DC-NET

Voor een mini-DC-net zal een kleine woonwijk van ongeveer tien huishoudens, een kantoor-

gebouw of een supermarkt bestudeerd worden met een stroomverbruik van minder dan 50.000 kWh per jaar. Er kunnen bijna dezelfde vragen gesteld worden als bij het micronet. Het is interessant om voor elke locatie een gecentraliseerde duurzame energiecentrale te vergelijken met een decentrale opwekking. Moet men gebruik maken van een centrale opslageenheid of vereist ieder huishouden een eigen opslageenheid?

## ■ MIDI-DC-NET

Een midi-DC-net is een woonwijk van ongeveer 100 woningen, een klein industrieterrein of een kassencomplex met een energiegebruik van meer dan 500.000 kWh per jaar. Op dit moment heeft een aantal industriële partners een project geïnitieerd voor het ontwikkelen een DC-net en het aansluiten van twee tot drie kassen en verschillende krachtbronnen. Tijdens dit onderzoeks- en onderwijsprogramma zal voornoemde casus simultaan gemodelleerd en gesimuleerd worden om de resultaten te vergelijken en om het onderwijsstelsel voor te bereiden op DC-engineering.

## ■ AMBITIES

De volgende ambities worden met dit programma nagestreefd:

- verzamelen en vastleggen van nieuwe kennis en initiëren van meer programma's op het gebied van gelijkspanning;
- aanbieden van uitstekende, relevante en up-to-date projecten waaraan onze studenten kunnen deelnemen en hen helpen met kansen op werk dat past bij hun nieuwe vaardigheden en competenties;
- helpen van de partners bij het overwinnen van obstakels om nieuwe producten en diensten te ontwikkelen; zodat ze steeds succesvollere ondernemers en vernieuwers worden;
- bijdragen aan duurzame energiebronnen door gebruik te maken van elektrische energie die in de toekomst efficiënter wordt gegenereerd.

Andere ambities zijn het stimuleren innovatief gedrag en het verbeteren de prestaties van mkb'ers. Verder wordt beoogd bij te dragen aan de regionale ontwikkeling en het innovatieve vermogen van Nederland.

## ■ CONCLUSIES

In dit artikel is een introductie gegeven van een onderzoeks- en onderwijsprogramma voor de ontwikkeling van DC-distributienetten. Duurzame DC-bronnen worden steeds gebruikelijker in stedelijke omgevingen. Consumenten worden 'prosumenten'. Er is een consortium opgebouwd van indus-

triële partners en onderzoeks- en onderwijsinstellingen. Het consortium is opgebouwd uit elektrotechnische bedrijven, ontwerpstudio's, particuliere onderwijsinstellingen, een leverancier in kasverlichting, een windturbineleverancier voor Kenia, een adviesbureau en een aantal universiteiten. Een onderzoeksprogramma is geschreven en de doelstellingen zijn ingevuld:

- een goede onderbouwing voor de gebruikte spanningsniveaus;
- bijdrage aan de standaardisatie van de spanningsniveaus;
- ontwikkeling van slimme stekkers;
- standaardisatie van wandcontactdozen;
- ontwikkeling van zekeringen en veiligheden;
- ontwikkeling van schakelaars;
- ontwikkeling van nieuwe huishoudelijke producten;
- du/dt-detectie;
- di/dt-detectie;
- lekstroomdetectie en -beveiliging;
- DC-netontwerp en meer producten;
- communicatieprotocollen;
- leermiddelen;
- demonstratie-opstellingen;
- huishoudelijk DC-demonstratienet;
- modellen en simulatieresultaten van de distributienetten.

## ■ REFERENTIES

1. Prof. Lou van der Sluis: Future Generation, smart grid research in The Netherlands. ISBN 978-9461860088
2. Arjan van Voorden: Power Balancing in Autonomous Renewable Energy Systems. ISBN 978-90-71287-23-7
3. Sue Roaf: Ecohouse 2. ISBN 0-7506-5734-0
4. J.B. Woudstra, B.B.J. Groenewald: Future IPP'S can benefit from the Dutch system of net metering for its national electricity supply grid. Proceeding ICUE 2012, Cape Town.
5. J.B. Woudstra, H. Stokman: Direct Current is the future. Proceeding DUE 2012, Cape Town
6. Papaefthymiou, G.: Integration of Stochastic Generation in Power Systems Future Generation - Smartgrid research in the Netherlands, TU Delft Library, October 2011, pp. 10-11, ISBN: 9
7. M. Reza.: Stability Analysis of transmission systems with high penetration of distributed generation Future Generation - Smartgrid research in the Netherlands, TU Delft Library, October 2011, pp. 16-17, ISBN: 978-94-6186-008-8.78-94-6186-008-8.