

CHLOORFABRIEK MAAKT ELEKTRICITEIT MET BRANDSTOFCELLEN

Waterstofstroom

CHEMIEBEDRIJF SOLVAY NEEMT IN DE ANTWERPSE HAVEN EEN BRANDSTOFCELCENTRALE IN GEBRUIK OM DE WATERSTOF DIE ALS BIJPRODUCT VRIJKOMT BIJ DE PRODUCTIE VAN CHLOOR, OM TE ZETTEN IN ELEKTRICITEIT. 'DE CHLOORFABRIEK VERBRUIKT VEEL STROOM, DUS HET IS EEN LOGISCHE STAP OM EEN BIJPRODUCT TE GEBRUIKEN OM ELEKTRICITEIT TE GENEREREN.' DE PEM POWER PLANT MOET EEN VERMOGEN VAN 1 MW GAAN LEVEREN.

IN EEN VAN DE HALLEN VAN MTSA Technopower in Arnhem staat een metalen frame ter grootte van een forse zeecontainer. Het frame bevat rijen met zogeheten *stacks* van brandstofcellen, die waterstof samen met zuurstof omzetten in water, een proces waarbij stroom wordt opgewekt. Deze compacte elektriciteitscentrale bevat in totaal 168 brandstofcellen en levert een vermogen van 1 MW. Hightech-installatiespecialist MTSA Technopower en de eveneens Arnhemse brandstofcelfabrikant Nedstack hebben deze PEM Power Plant (Proton Exchange Membrane) gebouwd in opdracht van het Belgische chemiebedrijf Solvay.

'Voordeel is dat bij de productie geen CO₂ vrijkomt'

De chemiereus produceert in de haven van Antwerpen jaarlijks ongeveer 350 000 ton chloorgas door het elektrolyseren van een keukenzoutoplossing. Het chloor dient als basisgrondstof voor onder meer veelgebruikte polymeren als pvc, polycarbonaat en polyurethaan. Bij de elektrolyse van de natriumchlorideoplossing komt als bijproduct waterstof vrij. Solvay heeft de waterstof zelf niet nodig en verkoopt het daarom aan bedrijven in de buurt, die er onder meer stoom van maken. Die vraag is echter niet groot genoeg, waardoor Solvay voor een aanzienlijk deel van de waterstof geen nuttige bestemming heeft. 'Onze chloorfabriek verbruikt veel elektriciteit, zowel voor het elektrolyseproces als voor het aandrijven van de vele pompen en compressoren. Het is voor ons dus een logische stap om de waterstof te gebruiken om elektriciteit te genereren', vertelt ir. Rudi Magnus, projectmanager bij Solvay. De nieuwe brandstofcelcentrale gaat de elektriciteitsrekening van Solvay met een be-

scheiden bedrag verlagen. 'Daarnaast heeft deze in huis opgewekte stroom als voordeel dat bij de productie ervan geen CO₂ vrijkomt.' En de interesse van Solvay voor het opwekken van elektriciteit met waterstof is op nog een manier te verklaren: het chemiebedrijf maakt zelf de polymeermembranen die het hart vormen van de brandstofcellen.

DELFIJL

Solvay benaderde Nedstack voor de realisatie van de brandstofcelcentrale, een van de eerste met een vermogen van rond 1 MW. Nedstack schakelde op zijn beurt MTSA Technopower in voor het ontwerp en de bouw van de complete installatie. De twee Nederlandse bedrijven hadden samen al ervaring opgedaan met de bouw van een soortgelijke, kleinere centrale. Die *pilot plant* is sinds 2007 in ge-

bruik bij de chloorfabriek van AkzoNobel in Delfzijl en heeft een beperkt vermogen van 72 kW.

De werking van de PEM Power Plant is gebaseerd op een eenvoudige chemische reactie: waterstof en zuurstof reageren samen tot water onder afgifte van vrije elektronen, ofwel elektriciteit. Als dat in een vrije omgeving plaatsvindt, is het een explosief en snel proces. Maar door de gassen in de brandstofcellen gedoseerd bij elkaar te laten komen, is het proces goed te beheersen.

Eén brandstofcel bestaat aan twee kanten uit *flow plates*, waardoor links waterstof en rechts lucht met zuurstof de cel in stromen. Bij de anode gaat de waterstof langs een katalysator, die de moleculen van hun elektronen ontdoet. De ontstane protonen en elektronen komen vervolgens bij het polymeermem-

braan, het hart van de cel (zie het kader 'Polymeermembraan voor protonen'). Dat laat de protonen door, maar houdt de elektronen tegen. Die moeten een omweg maken door een extern circuit, waarin feitelijk dus een elektrische stroom loopt. De zuurstof stroomt vanaf rechts langs een katalysator, waar activering voor de chemische reactie plaatsvindt. Bij het membraan komen de zuurstofdeeltjes de protonen tegen, waarmee ze in aanwezigheid van de elektronen uit het elektrische circuit water vormen. Dat wordt samen met de zuurstofverarmde lucht afgevoerd.

STOOM

Elke brandstofcel levert ongeveer 0,7 V gelijkspanning. Omdat dit te weinig is voor praktisch gebruik, bestaat een *stack* uit 75 van deze cellen in serie. Een module heeft weer 14 *stacks* in serie staan, die in nieuwstaat 700 V leveren bij een stroomsterkte van 120 A. Met twaalf van deze modules bedraagt het vermogen 1 MW. Omdat de werking van een brandstofcel is gebaseerd op een continu chemisch proces, levert deze altijd gelijkspanning. Vermogens-elektronica van Imtech Vonk zet deze gelijkspanning om in een wisselspanning van 6 kV met een frequentie van 50 Hz, die het stroomnet van Solvay in gaat.

Bij dit hele proces komt ook warmte vrij, waardoor het proceswater een temperatuur heeft van ongeveer 65 °C. Solvay verkoopt het voor een deel aan een naburig bedrijf, dat voor zijn productieproces stoom maakt en met het warme demiwater (water zonder opgeloste zouten, zoals die in kraanwater voorkomen) al een eind op weg is. Een deel van het opgewarmde water gebruikt de brandstofcelcentrale zelf voor de bevochtiging van de lucht en de waterstof, wat noodzakelijk is voor het goed functioneren van het membraan. De dan nog overblijvende restwarmte wordt via koelwater en ventilatie afgevoerd.

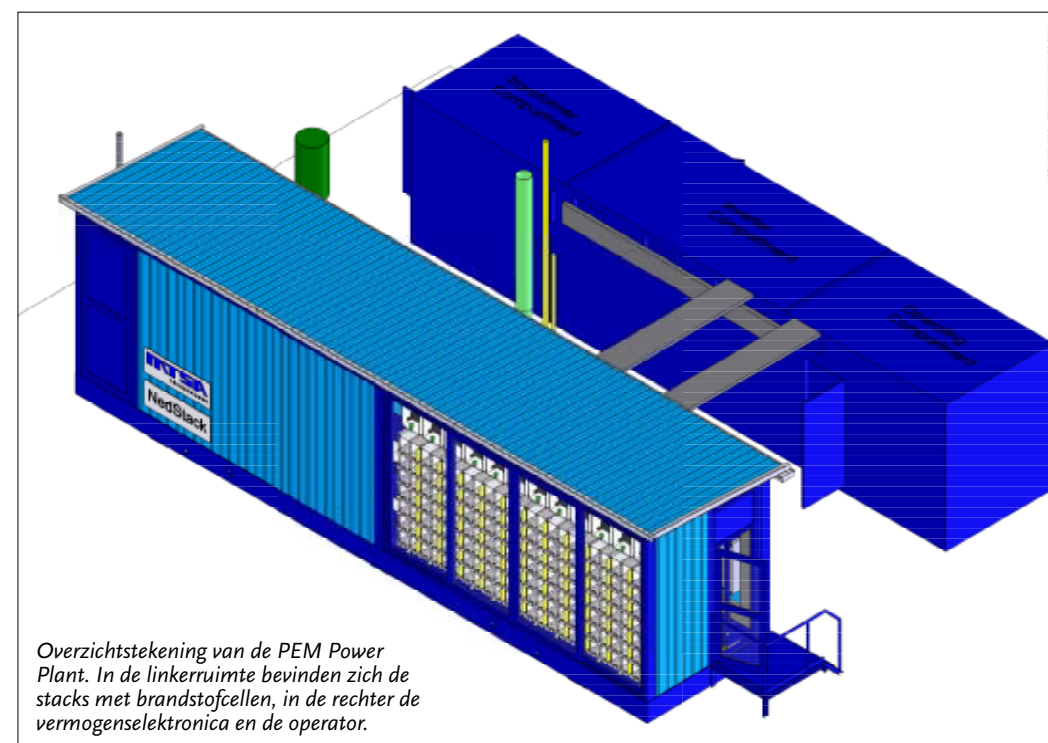
De PEM Power Plant werkt nu met een elektrisch rendement van 50 %. Door alle warmte nuttig te gebruiken moet het totaalrendement boven 90 % kunnen komen. 'Het liefste zouden we dat doen', zegt ing. Jan ten Have, technisch directeur van MTSA Technopower, 'maar water van deze temperatuur en in deze hoeveelheid is niet rendabel over een grote afstand te transporteren, bijvoorbeeld voor het verwarmen van woningen.' Wel kan water van 65 °C dienen om koud proceswater mee op te warmen.

Per jaar loopt het rendement van de brandstofcellen door veroudering een paar procent terug. De elektronica zorgt ervoor dat de geleverde wisselspanning toch op peil blijft. De centrale produceert de stroom voor alle elektrische onderdelen zelf. Dit kost naar schatting 8 % van het opgewekte vermogen.

De keuze voor het vermogen van 1 MW hangt onder meer samen met de ideale grootte van de benodigde infrastructuur. De centrale heeft met een lengte van 13 m grofweg de



De PEM Power Plant, met links het vat waarin de lucht wordt bevochtigd en rechts de open wand waarin de stacks komen.



Overzichtstekening van de PEM Power Plant. In de linkerruimte bevinden zich de stacks met brandstofcellen, in de rechter de vermogens-elektronica en de operator.

FOTO MTSA TECHNPOWER/NEDSTACK

ILLUSTRATIE ALBERT GORREDDA/NEDSTACK

Close-up van twee stacks, met bovenaan de twee elektrische aansluitpunten.



Een medewerker van MTSA schuift een stack in de open wand. Omdat de stacks door klikkoppelingen zijn verbonden met de gas- en vloeistofleidingen, zijn ze eenvoudig te verwisselen.



grootte van een flinke zeecontainer en is daarvoor eenvoudig in zijn geheel te vervoeren. 'Ook hebben we bij de nu gebruikte dimensies voor de pompen, pijpleidingen en instrumentatie standaardcomponenten kunnen gebruiken', laat Ten Have weten.

Hoewel het project feitelijk een opschaling is van de *pilot plant* in Delfzijl, zijn er nog genoeg uitdagingen. 'Hoe zijn met twaalf parallel geschakelde modules van elk veertien stacks de gas- en vloeistofstromen op elkaar af te stemmen, hoe is alles elektrisch aan elkaar te koppelen, hoe is zo veilig mogelijk te werken met de brandbare waterstof, en hoe is compact te ontwerpen terwijl de onderdelen toch goed te bedienen en te onderhouden moeten zijn?', somt Ten Have op. Veel ervaring is opgedaan bij de *pilot plant*, maar de centrale van 1 MW is van een andere orde. Of ook deze jarenlang constant en betrouwbaar zal draaien, moet nog blijken.

Voordeel is dat de centrale een modulaire opbouw heeft, waardoor de twaalf modules onafhankelijk van elkaar kunnen functioneren. Als er onderhoud aan een van de modules plaatsvindt, draaien de andere elf gewoon door. Om de stacks eenvoudig toegankelijk te maken zitten ze naast elkaar in een open wand. De operator kan een defecte stack eenvoudig uit de wand trekken en vervangen door een nieuwe. Een stack is door middel van eenvoudige klikkoppelingen verbonden met het centrale waterstof-, lucht-, en koelwatersysteem. Is een stack even buiten gebruik voor onderhoud, dan levert de betreffende module tijdelijk geen stroom. Omdat de centrale op een constant vermogen wordt geregeld, gaan alle andere stacks tijdelijk zo'n 8 % harder draaien. 'Dat is geen enkel probleem. Een module levert normaal 120 A, maar we hebben ze op meer dan 300 A getest', zegt dr. Ad Verhage van Nedstack. De stacks zuigen dan vanzelf meer waterstof aan. Daarom is er

altijd voldoende overdruk op de waterstof om in alle mogelijke situaties door te blijven draaien. Elke stack heeft elektronica aan boord die de prestaties in de gaten houdt. Is het geleverde vermogen van de stack te ver teruggelopen, dan krijgt de operator een seintje.

BUSSEN

De centrale is bijna afgebouwd. MTSA Technopower gaat de installatie eerst in de eigen fabriek testen. Daaruit moet blijken of hij voor langere tijd op vol vermogen elektriciteit kan produceren en daarbij het berekende rendement van 50 % haalt. 'Daarnaast willen we weten of de centrale ook goed dynamisch is te belasten', aldus Ten Have. 'Met vier van de twaalf modules gaan we proeven doen met sterk wisselende belastingen. Dat is van belang voor het gebruik van brandstofcellen in bussen en vrachtwagens. Omdat het zo veel schoner is, bestaat er vooral in grote steden belangstelling voor vervoer op waterstofstroom.'

In mei verhuist de PEM Power Plant naar Solvay in Antwerpen. Na inregelen moet hij uiterlijk in de zomer op vol vermogen draaien. Nedstack en MTSA Technopower willen, afhankelijk van de testresultaten, meer van dit type elektriciteitscentrales aan de man brengen. De meest aantrekkelijke markt is vooralsnog die waar waterstof overtollig is, zoals bij chloorfabrieken. En als de heffingen op CO₂-uitstoot in de toekomst stijgen, dan wordt de markt nog interessanter. ●

www.mtsa.nl

www.nedstack.com

www.solvay.com

POLYMEERMEMBRAAN VOOR PROTONEN

Het Nederlandse bedrijf Nedstack is gespecialiseerd in het maken van brandstofcellen. De exemplaren in de centrale voor Solvay bevatten een Proton Exchange Membrane (PEM). Dit membraan is gemaakt van een soort gemodificeerd teflon (polytetrafluoretheen), waarbij aan de polymeerketen een zijketen is aangebracht met SO₃H-groepen. Het materiaal is hierdoor feitelijk een zuur in vaste vorm. 'De zure groepen zijn verankerd in het polymeer', licht dr. Ad Verhage van Nedstack toe. 'Alleen de protonen kun-

nen migreren, terwijl de base achterblijft. Dat leidt tot een stroom van waterstofionen dwars door het membraan heen, terwijl elektronen en andere stoffen worden tegengehouden.'

De membranen met coatings komen van Solvicore, een joint venture van membraanproducent Solvay en katalysatorspecialist Umicore. De coatings bevatten een katalysator van platina en koolstof, die enerzijds de waterstof splitst in protonen en elektronen en anderzijds de zuurstof activeert voor een chemische reactie.