

https://www.kijkmagazine.nl/tech/hts/?utm_source=kijkmagazine.nl&utm_medium=referral&utm_campaign=kijk_leesook&utm_content=link_begin

Het door KIIJK gepubliceerde artikel is minder toegankelijk omdat het achter de betaalmuur zit.

Hoogspanningsmast naar het museum?

De heilige graal van supergeleiding bij kamertemperatuur heeft de wetenschap nog niet ontdekt. Maar nationale stroomnetbeheerder TenneT werkt in Enschede wel al aan de eerste grootschalige praktijkproef van ondergronds stroomtransport zonder weerstandsverliezen in Nederland. Het kan zo maar de eerste stap zijn op weg naar een vrijwel volledig elektrische energievoorziening worden. Kan de hoogspanningsmast over een tijdje naar het openluchtmuseum in Arnhem?

Het fenomeen supergeleiding is nu ongeveer 100 jaar bekend. In 1911 viel de mond van de Nederlandse natuurkundige Heike Kamerlingh Onnes open van verbazing. Bij het afkoelen van kwik om de elektrische weerstand te meten, ontdekte hij dat vanaf 4,2 graden Kelvin (ongeveer minus 277 graden Celsius) die weerstand volledig wegviel. Bij zijn speurtocht naar het absolute nulpunt hield hij wel al rekening met 'speciale effecten', maar dat hij supergeleiding zou ontdekken, was compleet nieuw. Het bracht zulke opwindende mogelijkheden in beeld dat Kamerlingh Onnes voor deze ontdekking in 1913 de Nobelprijs voor natuurkunde kreeg.

Nobelprijzen bij de vleet

In de afgelopen decennia zijn er in 1972, 1987 en in 2003 nog eens 3 Nobelprijzen voor nieuwe ontdekkingen rond supergeleiding toegekend. Het blijkt dat bepaalde materialen bij bepaalde extreem lage temperaturen plotseling hun weerstand verliezen. Onderzoekers speuren sinds 1986 wereldwijd naar materialen om supergeleiding bij temperaturen boven de minus 240 graden Celsius te realiseren. Dit heet HTS (High Temperature Superconductivity). Tegenwoordig is er zelfs al een supergeleider met een kritische temperatuur van minus 140 graden Celsius, maar zijn inzetbare supergeleiders beschikbaar vanaf circa minus 200 graden Celsius. Dat is nog steeds een extreem lage temperatuur, die alleen door koeling met vloeibare stikstof bereikt kan worden. Helium of argon kan ook, maar dat is veel duurder. De stikstof stroomt dan door een mantelbuis om de stroom voerende kabels heen over de hele lengte van de verbinding.

In de huidige netten komt 5 tot 10 procent van de opgewekte elektriciteit niet aan bij de afnemers door de natuurlijke weerstand van de koperkabels. De energie verdwijnt als warmte in de omgeving. Terwijl die extra productie wel vaak tot CO₂-uitstoot leidt. Zonder die weerstand zou je met een 10 kV supergeleidende kabel hetzelfde vermogen kunnen transporteren als met een traditionele 110 kV kabel.

Supergeleiders zijn nog erg duur en daarom is het voorlopig toch interessant om bij hoge spanningen energie te transporteren. Ook de supergeleidende transformatoren kunnen aanzienlijk kleiner en goedkoper worden. Verder verkleint supergeleiding de ongewenste elektromagnetische velden in de omgeving van elektriciteitskabels optreden.

Ook valt het probleem van de blindstroom weg. Dit is stroom die de kabelverbinding als het ware vult voor er echt elektriciteit bij de afnemers aankomt. “Net als een waterslang. Die moet je eerst vol laten lopen voor er aan het andere einde water uitkomt voor de plantjes in de tuin”, licht Rob Ross toe. Hij is strateeg bij TenneT, bijzonder lector Reliable Power Supply bij de Hogeschool van Arnhem en Nijmegen en hoogleraar aan de TU Delft. Vooral bij hogere spanningen neemt die blindstroom een flink deel van de geleiders in beslag. Supergeleiders hebben daar echter geen moeite mee.

Trekt een graafmachine eens een keer een supergeleidende kabel stuk, dan is dat niet gevaarlijker dan bij een gewone kabel. De vloeibare stikstof komt dan in de omhullende isolerende vacuümbuis terecht. Wat er ontsnapt, doet het vocht in de lucht bevriezen. Hierdoor ontstaat ijs op de plaats van de breuk. Stikstof is het belangrijkste bestanddeel van de atmosfeer en als gas vrijwel onschadelijk.

En nu de praktijk

Is supergeleiding dan de heilige graal voor elektriciteitstransport? “Als wetenschappers hebben wij zo onze reserves als het gaat om heilige gralen”, geven Rob Ross en Gert Aanhaanen, strateeg asset management, van TenneT toe. “Indrukwekkend is supergeleiding zeker. We weten dat het principe werkt. In New York, Zuid Korea en recent in Duitsland (bij Essen) zijn succesvolle supergeleidingsprojecten in uitvoering. (Zie kader). Op dit moment is supergeleiding nog fors duurder en technisch gecompliceerder dan wat we nu gewend zijn. Belangrijke vragen zijn er rond de betrouwbaarheid van het koelsysteem. Wat gebeurt er op de aansluitpunten tussen een supergeleidende kabel en conventionele stroomverbindingen? En hoe houdt het materiaal zich in de tientallen jaren dat een elektriciteitskabel in gebruik is? Nu willen we zien hoe het zich in de Nederlandse praktijk houdt. Daar zijn we erg nieuwsgierig naar.”

Demonstratieproject Enschede

TenneT bereidt momenteel een demonstratieproject in Enschede voor. Het plan is om een supergeleidende HTS kabel in Enschede aan te leggen van 3,4 km lang en met een spanning van 110 kV. Hiervoor is overleg met de gemeente Enschede gaande. Het is het keramische materiaal yttriumbariumkoperoxide, dat supergeleiding bij 200 graden Celsius onder nul mogelijk maakt. De kabel kan tot 5 keer zo veel stroom transporteren als de gebruikelijke koperkabel. De strook grond rond de kabel waar geen andere infrastructuur mag liggen, kan door het ontbreken van warmteontwikkeling veel smaller worden. Daardoor is een supergeleidende stroomverbinding veel makkelijker in te passen in stedelijk gebied. De aansluiting van HTS kabels op conventionele kabels is complex, maar belangrijk.

Koeling is de sleutel

De kabel wordt over de hele lengte gekoeld en het volledig beheersen van de koeling is een sleutelfactor bij het demonstratieproject. Dit luistert erg nauw, want 1 Watt warmteontwikkeling vraagt al snel 20 Watt koeling om de opwarming weer te neutraliseren”, legt Gert Aanhaanen van TenneT uit. De koelingsapparatuur krijgt zijn energie uit het lokale laagspanningsnet. Hoe beter de isolatie van de kabel en hoe beter de koeling beheerst kan worden, des te langer kunnen de supergeleidende kabels worden. De HTS kabel vraagt veel minder ruimte en kan dus makkelijker ondergronds worden aangelegd. Zodra zij de standaard worden, zullen

hoogspanningsmasten geleidelijk uit het landschap verdwijnen. TenneT werkt samen met TU Delft, Universiteit Twente, het Instituut voor Wetenschap en Ontwikkeling (IWO), de HAN en RH Marine. In 2019 wordt de eerste solide nieuwe kennis uit het demonstratieproject in Enschede verwacht.

Superdiepvrieskist

Kabelfabrikant Nexans is een van de bedrijven die supergeleidende kabels maakt. Frank Schmidt, hoofd Supergeleiding bij Nexans (Hannover) vertelt dat de stikstofkoeling in een gesloten circuit rond de kabel de warmte als een soort superdiepvrieskist afvoert naar speciale warmtewisselaars. Hier wordt de stikstof weer op ca 200 graden Celsius onder nul gekoeld en terug in circulatie gebracht. De buitenkant van de kabel dient natuurlijk een sterke warmte-isolerende werking te hebben. "We zijn nu zo ver dat we een supergeleidende kabel kunnen maken en kunnen aansluiten op het bestaande net. We hebben daarvoor oplossingen gevonden voor de thermische, spannings- en stroomgeleidingsproblemen die hier optreden. We hebben hiervoor kunnen putten uit onze kennis rond kortsluitingsproblemen. Bij het supergeleidingsproject bij Essen hebben we ontdekt dat we de koelcapaciteit ongeveer 10 keer zo efficiënt kunnen maken zonder de supergeleiding te verstoren." Toch zal supergeleiding tijd nodig hebben voor het alledaags wordt. Het Openluchtmuseum zal dus nog even moeten wachten op zo'n nostalgische hoogspanningsmast.

KADER: Supergeleiding marktrijp

Na 2 jaar testen is het Duitse energieconcern RWE (moederbedrijf Essent) blij met het functioneren van een supergeleidende 10 kV kabel in de stad Essen. Het transport van meer dan 200 miljoen kWh elektriciteit is zonder problemen verlopen. Door de supergeleiding kan een HTS kabel van 10 kV net zo veel elektriciteit vervoeren als een gebruikelijke koper of aluminium kabel van 110 kV met dezelfde diameter. Ook de stations in het net kunnen door supergeleiding met eenzelfde factor kleiner worden. Lange termijn onderzoek hoe de kabel zich gedraagt, wordt uitgevoerd door de Universiteit Duisburg-Essen. Daar werkt men ook aan het verhogen van de temperatuur waaronder supergeleiding tot stand komt.

Feitje: De aantekeningen die Kamerlingh Onnes maakte voor zijn Nobelprijs winnende rapport, waren zo'n honderd jaar onvindbaar. In 2011 zijn ze weer uit een vergeten la gekomen. (zie foto 7)

Feitje: De Universiteit Twente speelt met zijn expertise rond supergeleiding een grote rol bij de Large Hadron Collider detector van CERN in Geneve.

<https://home.cern/topics/large-hadron-collider>

Feitje: Het eerste HTS materiaal (lanthaan-barium-koperoxide) werd in 1986 ontdekt door onderzoekers van IBM (Georg Bednorz en K. Alex Müller). Zij kregen daar de 1987 Nobel Prijs voor. De tweede Nobelprijs voor supergeleiding.

Feitje: Supergeleiding maakt ook de Hyperloop mogelijk. Dat is een nu nog futuristisch transportsysteem dat met magnetisch zweven supersnel vervoer mogelijk maakt. Egon Musk van Tesla is betrokken bij de ontwikkeling van de Hyperloop. <http://www.sciencealert.com/watch-here-s-a-hyperloop-pod-levitating-for-the-first-time>

Bronnen: Energy Dissipation from a Correlated System Driven Out of Equilibrium: J. D. Rameau, S. Freutel, A. F. Kemper, M. A. Sentef, J. K. Freericks, I. Avigo, M. Ligges, L. Rettig, Y. Yoshida, H. Eisaki, J. Schneeloch, R. D. Zhong, Z. J. Xu, G. D. Gu, P. D. Johnson, and U. Bovensiepen, " Nature Communications (2016)
<http://www.nature.com/articles/ncomms13761>

Interviews met TenneT en Nexans

<http://www.natuurkunde.nl/artikelen/915/magnetische-zweeftreinen-een-toepassing-van-supergeleiding>

<http://www.natuurkunde.nl/artikelen/1933/supergeleiding>

<http://www.hoogspanningsnet.com/weten/stroomcursus/deel-1/>

<http://www.museumboerhaave.nl>

Naschrift: Enige tijd na publicatie van het artikel heeft TenneT het project in Enschede stopgezet in verband met de hoge kosten. Technologische ontwikkelingen gaan echter onverminderd door.