

Aspecten van leveringszekerheid en netveiligheid in het 380 kV-net

Verantwoord en innovatief ondergronds



tennet



Verantwoord en innovatief ondergronds

Samenvatting

- Toepassing 380 kV kabel begrensd vanwege risico's netveiligheid
- Innovatie: aanleg van 20 km ondergronds in Randstad380-project
- Studie TU-Delft: systeemgedrag monitoren
- Beleidsuitgangspunt: 380 kV bij voorkeur bovengronds, 150 kV en lager kan ondergronds

Er is een brede maatschappelijke roep om nieuwe hoogspanningslijnen ondergronds aan te leggen. Vanwege de systeemrisico's kiest TenneT er vooralsnog voor om de zware transportverbindingen in het landelijk net, met een spanning van 380 kV, in principe bovengronds aan te leggen. Daar heeft TenneT nettechnische argumenten voor, onder meer omdat kabel een negatief effect heeft op de netveiligheid en de risico's voor storingen vergroot. Deze zaken worden hier toegelicht.

Bewezen techniek en innovatie

Het Europese sterk geïntegreerde 380 kV transportnet is nagenoeg helemaal bovengronds aangelegd. Kabels vormen een uitzondering voor korte, bijzondere trajecten, bijvoorbeeld voor onderkruising van een waterweg. TenneT wil gezien de maatschappelijke wens wel snel meer ervaring opdoen met ondergrondse aanleg, maar mag natuurlijk geen onverantwoord risico nemen. Het 380 kV-net ontwikkelt zich snel naar een net met zeer grote transporten waaraan hoge eisen worden gesteld voor beschikbaarheid en bestuurbaarheid. Dat leidt tot specifieke eisen voor de netveiligheid, bijvoorbeeld voor situaties van storingen aan componenten en het handhaven van de netstabiliteit. Dat betekent dat 380 kV-kabel vooralsnog maar beperkt kan worden ingezet, vanwege de specifieke eigenschappen en het ontbreken van voldoende (internationale) ervaring met het systeemgedrag van kabel.

Eind 2008 heeft minister van Economische Zaken een besluit genomen over het tracé van het project Randstad380kV. In dit besluit is ook expliciet bepaald waar de verbinding boven- en waar deze ondergronds wordt aangelegd. Richtinggevend voor de minister was dat binnen dit project van ruim 80 km maximaal zo'n 20 km ondergronds kon worden aangelegd. Zij deed dit op advies van TenneT. Er is een verantwoorde afweging gemaakt tussen boven- dan wel ondergronds voor deze 'slagader' in het hoogspanningsnet, rekening houdend met de huidige stand van de techniek.

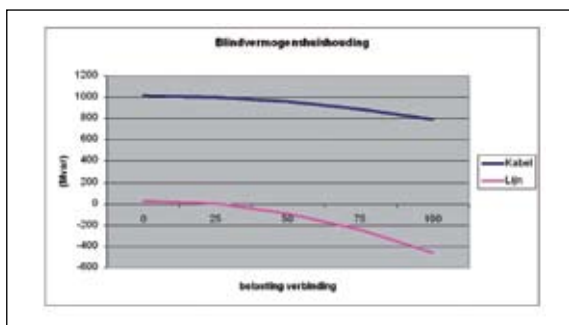
In dit project streeft TenneT naar het maximaal toepassen van ondergrondse 380 kV kabel zonder onaanvaardbare risico's te nemen voor de bedrijfszekerheid. TenneT wil ervaring opdoen met kabel: de werking en het gedrag monitoren en onderzoek doen naar het systeemgedrag. Door verkabeling van ruim 20 kilometer 380 kV-dubbel-circuit met een transportcapaciteit van 4000 Ampère per circuit plaatst Nederland zich in één keer in de wereldtop van verkabeling op 380 kV-niveau. TenneT wil samen met de TU-Delft en buitenlandse partners, een monitoring programma opzetten om 6 tot 8 jaar het gedrag van het systeem te volgen en lessen te trekken voor mogelijke uitbreiding. In afwachting van onderzoeksresultaten zal voor Nederland transportnet de zware 380 kV-verbindingen een maximum van deze 20 km worden gehanteerd.

Systeemgedrag van kabels

Een kabel gedraagt zich elektrotechnisch anders dan een bovengrondse lijn. Door er compensatiemiddelen aan toe te voegen wordt de kabel beheersbaar. De grote uitdaging bij de bedrijfsvoering van een hoogspanningsnet is te zorgen voor een ononderbroken levering. De opgewekte elektrische energie

moet te allen tijde de gebruikers kunnen bereiken. Daarbij is het van belang om de hoogte van de spanning, de omvang van de transporten en de constantheid van de frequentie te managen. Bij een overwegend bovengronds net met minder componenten is dat eenvoudiger dan bij een ondergronds net, waaraan de noodzakelijke compensatiemiddelen zijn toegevoegd.

Diagram 1 Compensatie blindvermogen

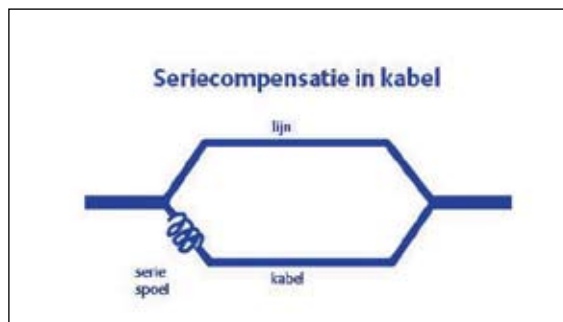
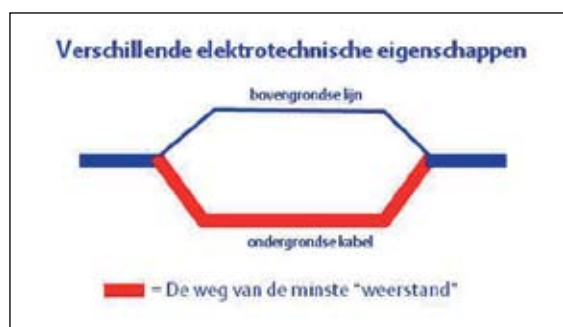


Boven een vergelijking van het te compenseren blindvermogen van lijn en kabel, onder ook het verschil in compensatie die nodig is voor respectievelijk 380 kV-lijn, 150 kV-kabel en 380 kV-kabel.

Kabels op het hoogste spanningsniveau vergen omvangrijke compensatiemiddelen om de zogenoemde blindstroom te compenseren (parallelcompensatie). Diagram 1 illustreert dat. Verder is in vermaasde netten bij toepassing van kabel en lijn naast elkaar sturing van vermogen nodig voor een gelijke verdeling van stromen over het net.

Dat gebeurt met seriespoelen om de weerstand vergelijkbaar te maken met bovengrondse lijnen. Diagram 2 illustreert dat.

Diagram 2 Vermogensturing



Zonder compensatiespoelen zouden elektronen automatisch de weg van de minste weerstand kiezen in het net: via de kabel. Deze raakt overbelast. Compensatiemiddelen zijn nodig voor een meer gelijke verdeling van stromen over het net.

Een net van bovengrondse lijnen én kabels met op grote schaal toegepaste compensatiemiddelen, levert risico's op voor de spanningstabieleit van het net. Spanninginstabiliteit is de voornaamste reden voor grootschalige black-outs van hoogspanningsnetten, zo laat de praktijk dat zien. Technisch is de aanleg van kabels over grotere lengte mogelijk. Echter er is nog veel onderzoek nodig naar de systeemtechnische en operationele haalbaarheid van ondergrondse kabelverbindingen over grote lengte in vermaasde 380 kV-transportnetten.

State of the art 380 kV-kabel

Er bestaan internationale technische eisen voor installaties waarin het gedrag in storingssituaties is vastgelegd, maar als systeem blijft het moeilijk te beheersen. Dat moet derhalve nauwlettend worden gevolgd. Dit probleem is in de netten tot 150 kV in de loop van de tijd opgelost, maar de aard van de problematiek is op 380 kV-niveau veel groter. De complexiteit is namelijk ook nog afhankelijk van de uitvoering: de lengte, het aantal circuits en het vermogen. Internationaal is er daarom grote terughoudendheid in het toepassen van grote lengte kabels in de 'slagaders' van het Europese elektriciteitstransportnet.

Ondanks de internationale terughoudendheid, kiest TenneT er op dit moment voor om voor Randstad380 in de Zuidring en de Noordring, tot 20 km kabel in totaal toe te passen. Dat is internationaal gezien een enorme uitdaging. In afwachting van de uitkomsten het onderzoek van de TU Delft gericht op monitoring van het systeemgedrag van 380kV-kabels wil TenneT vooralsnog dit maximum van 20 km hanteren voor alle slagaders in het Nederlandse 380 kV-net. De uitkomsten van het onderzoek worden binnen 6-8 jaar verwacht.

Diagram 3 State of art toepassing kabels

voorbeeld	functie	aantal circuits	vermogen per circuit	trace lengte	kabel lengte (1 fase)
Deense kabel	ader	1	975 MVA	22 km	66 km
Berlijnse kabel	ader	2	1150 MVA	12 km	72 km
Japanse kabel	ader	2	1200 MVA	40 km	240 km
Spaanse kabel	ader	2	1720 MVA	13 km	156 km
Randstad 380	slagader	2	2640 MVA	20 km	240 km

Het aantal circuits, de lengte en het vermogen bepalen de mate van complexiteit van kabels in een vermaasd net; enkele praktijkvoorbeelden in Europa en Japan.

Risico's voor storingen met 380 kV kabel

Het aantal storingen per jaar (frequentie) is voor zowel bovengrondse lijn als kabel zeer klein en is op grond van statistieken ongeveer gelijk (0,00353 en 0,00657 storingen/km/jaar). Als een storing optreedt moet de verbinding snel worden hersteld, omdat anders de redundantie in het net wordt aangetast. Een volgende storing kan grote gevolgen hebben en uitval van de voorziening leidt tot grote schade. Een uur stroomuitval in de Randstad betekent een maatschappelijke schadepost van 72 miljoen euro. (bron: SEO 2003).

Ervaring met kabelverbindingen leert dat de tijdsduur die een circuit na een storing uit bedrijf is, varieert tussen 2 en 20 dagen per storing, maar in de praktijk komen ook veel langere reparatietijden voor. De reparatieduur van bovengrondse verbindingen is veel korter: tussen 8 - 48 uren. Daarnaast leiden niet alle incidenten in bovengrondse verbindingen tot uitval van een circuit vanwege het zelfherstellend vermogen van zo'n lijn. Bij een fout - een kortsluiting door bijvoorbeeld blikseminslag - kan een lijn zichzelf snel uitschakelen en vervolgens automatisch testen en weer inschakelen. Bij een ondergrondse kabel ligt dat gecompliceerder, automatisch weer inschakelen is risicovol.

Kosten

De investeringskosten van een uitvoering als kabel van een 380 kV-verbinding zijn hoog. Gemiddeld bedragen deze een factor 4-8 keer de investeringskosten van de bovengrondse uitvoering, afhankelijk van transportcapaciteit en tracé-aspecten. Er wordt voor 380 kV rekening gehouden met een verschil van EUR 10 miljoen per kilometer.

Diagram 4

Kostenvergelijking			
(miljoen euro per kilometer)			
		Solo per km	combi 150/380
Lijn	150 kV	0.9	2.7
	380 kV	2.3	
Kabel	150 kV	2.5	14.8
	380 kV	12.3	
Boring	150 kV	2.9	17.8
	380 kV	14.9	



Beleidskader: boven- en ondergronds

Landelijk netbeheerder TenneT beheert zo'n 9.000 km hoogspanningsverbindingen vanaf 110 kV en hoger. Dat is het landelijk transportnet: de 'snelwegen' in het elektriciteitssysteem met internationale verbindingen en essentieel voor de leveringszekerheid. Forse uitbreidingen staan op stapel voor aansluiting van nieuwe centrales, windparken op zee en het sterk groeiend aantal warmtekracht installaties in de tuinbouw. Bij de aanleg van nieuwe verbindingen wordt rekening gehouden met de omgeving, veiligheid, kosten en technische mogelijkheden van het net. Hierbij zoeken we naar nieuwe oplossingen. Zo wordt in de Randstad voor de bovengrondse aanleg gebruik gemaakt van innovatieve Wintrackmasten, die magneetveldarm zijn.

Het kabinet heeft onlangs ingestemd met het derde Structuurschema Elektriciteitsvoorziening (SEV III), waarin dit uitruilprincipe is opgenomen. Daarin is ervoor gekozen om in het totaal aantal kilometers bovengrondse hoogspanningslijn vanaf 110 kV te 'bevriezen'. Nieuwe 380 kV-verbindingen kunnen bovengronds worden gerealiseerd als op andere locaties dezelfde lengte hoogspanning wordt verplaatst, gecombineerd of ondergronds gebracht. Daarmee neemt het totaal aantal bovengrondse kilometers niet toe. Bovendien wordt vanuit deze integrale aanpak de ondergrondse kabel ingezet waar het relevant en efficiënt is, zoals bij moeilijke waterkruisingen, dicht bij bebouwing en in bijzondere natuurgebieden. Het is technisch minder gecompliceerd en veel goedkoper om 110 of 150 kV ondergronds aan te leggen. De toepassing van dit beleidskader wordt nader uitgewerkt.

De nieuwe innovatieve Wintrackmast zorgt voor een smaller elektromagnetisch veld.

TenneT TSO B.V.

Utrechtseweg 310
6812 AR Arnhem
Postbus 718
6800 AS Arnhem

Telefoon 026 373 11 11
Fax 026 373 11 12
E-mail servicecentrum@tennet.org
Internet www.tennet.org

Arnhem, januari 2009

