

## ZX- Ronde . Zondag 16 januari 2011

### The battle of Current returns!!!

In één van mijn verhaaltje ging over the battle of current. De strijd tussen het wisselstroomsysteem van Westinghouse met Nicolai Tesla en het gelijkstroomsysteem van Edison. Mede dankzij Tesla's verbeteringen in veel componenten van het wisselstroomnet wist Westinghouse deze strijd te winnen. Na enige tijd was zelfs zijn grote concurrent Edison gedwongen om diens dure en inefficiënte gelijkstroomsysteem te laten varen en ook op wisselstroom over te gaan. Het zou Edison goed doen nu te horen dat de voordelen van zijn systeem actueler zijn geworden dan hij ooit had kunnen vermoeden.

In een aantal delen wil ik iets gaan vertellen over de vooruitgang van de toepassing van gelijkstroom.  
Deze keer over het gebruik van HVDC transmissie systemen.

### Elektriciteit in de toekomst

Het elektriciteitsverbruik neemt over de hele wereld per jaar toe. Dit heeft allerlei oorzaken zoals toename van consumenten elektronica, gigantische computernetwerken met internet gebruik, maar ook nieuwe ontwikkelingen zoals de elektrisch aangedreven auto's. De benodigde elektriciteit moet worden opgewekt, getransporteerd en via een distributienetwerk bij de gebruiker gebracht worden. Voor de opwekking zijn enorme hoeveelheden fossielenbrandstoffen nodig. Voor een kleiner deel wordt elektriciteit opgewekt door kernenergie en natuurlijke bronnen als waterkracht, windkracht en zonne-energie. Zoals opgemerkt nemen de hoeveelheden afgenomen kWh's per jaar toe. We zullen ons hoe dan ook af moeten vragen:

- a. Hoe lang kunnen we nog vooruit met de fossiele brandstof
- b. Hoe lang duurt het voordat er een goed alternatief voor handen is
- c. Kunnen transport en distributienetten de toename aan ( denk ook aan veroudering waardoor storingskansen toenemen ).

Het wordt dus de hoogste tijd om nu maatregelen te nemen, om voor de toekomst verzekert te zijn van elektriciteit.

### **Internationale aanpak**

We kunnen dit probleem of uitdaging zoals U wilt niet nationaal oplossen. De meeste landen hebben hun eigen elektriciteitscentrales, transport en distributienetten. Het is dus zaak om goede onderlinge afspraken te maken over opwekking, transport, gebruik en overschot.

### **Uitwisselen elektriciteit**

Van een aantal landen zijn de transportnetten aan elkaar gekoppeld, op die manier wordt onderling elektriciteit uitgewisseld afhankelijk van marktprijs. Er wordt dus elektriciteit verhandeld waarbij de prijs bepaalt wordt door vraag en aanbod, ofwel door te kort en overschot. Voorbeeld, in Noorwegen worden grote hoeveelheden elektriciteit opgewekt door waterkrachtcentrales deze kunnen ze niet het hele seizoen kwijt in hun eigen distributienetwerk.

Hierdoor ontstaat een overschot waar andere landen dankbaar gebruik van kunnen maken. Tot voor kort was het transport het grote probleem, als elektriciteit over grote afstanden getransporteerd moest worden waren de verliezen enorm. De optreden de verliezen worden hoofdzakelijk veroorzaakt door gebruik van wisselstroom. Het zijn niet alleen de Ohmse verliezen maar met name de capacitieve en inductieve verliezen die fors toenemen met de afstand.

### **Nederlands koppelnet**

Het Nederlandse elektriciteit is 4X gekoppeld aan Duitsland, 2X aan België ( Frankrijk ), 1X aan Noorwegen en straks 1X aan Groot Brittannie.

De koppelingen met Duitsland en België zijn 380kV wisselstroom verbindingen. De koppeling tussen Nederland – Noorwegen en Nederland – Engeland zijn HVDC ( *High Voltage Direct Current* ) verbindingen

De verbinding tussen Nederland en Noorwegen is 580km en de verbinding tussen Nederland en Engeland is 260km. Het vermogen wat uitgewisseld kan worden is tussen Nederland en Noorwegen is 700MW deze verbinding wordt de Nornedkabel genoemd en het vermogen wat met Groot Brittannie uitgewisseld kan worden is 1000MW, deze verbinding wordt de Brittnedkabel genoemd.

### **Voordelen HVDC transmissie**

Grote voordelen van het gebruik van HVDC transmissie

- Lage verliezen in converters en transportgeleiders +/- 3%
- Eenvoudige trace's, 1 geleider monopolair of 2 geleiders bipolair

### **Break even punt**

Voor dit moment ligt het break even punt voor HVDC op 50km voor zee-verbindingen en 600 – 800 km voor land verbindingen.

### **Langste HVDC verbinding ter wereld**

Op dit moment is de verbinding tussen de Xiangjiaba-dam en Shanghai de grootste afstand welke overbrugd wordt met HVDC. De lengte is 2071km met een vermogen 6400MW en een spanning van 800kV. Om u een indruk te geven, dit is ruim voldoende voor 16 miljoen huishoudens.

### **De Brittned verbinding**

Op het eiland Grain in Engeland wordt in een converter station drie fase 380kV wisselspanning omgezet naar 450kV gelijkspanning. Aan de andere zijde van de Noordzee wordt in een converter station op de Maasvlakte bij Rotterdam 450kV gelijkspanning omgezet naar 380kV wisselspanning.

*De verbinding wordt bipolair uitgevoerd met twee kabels met een ieder een geleiderdoorsnede van 1430mm<sup>2</sup>. Het geleidermateriaal van de kabels is koper en het gewicht per kabel is +/- 44 kg per mtr. De kabel lengte is 260km Transport vermogen is 1000MW, DC spanning 450 kV, Verliezen +/- 3%*

### **Werkingsprincipe HVDC systeem**

Wanneer we wisselstroom gaan gelijkrichten ontstaat vervorming in het primaire wisselstroomnet. Hiervoor hebben we AC filters nodig. Tevens mag de sinus van spanning en stroom niet uit elkaar lopen waardoor blindstroom ontstaat. Ook moet de DC spanning worden gefilterd en een anti resonantiefilter aangebracht. Aan de uitgang van de inverters mogen geen harmonische componenten ontstaan. Dan nog niet te spreken over het aantal beveiligingen welke nodig zijn, bijvoorbeeld voor overbelasting, kortsluiting en overspanning.

### **Halfgeleiders HVDC systeem**

Voor het gelijkrichten en inverteren worden thyristoren ( GTO ) of IGBT` s toegepast. GTO` s zijn halfgeleiders met de werking van een elektronische schakelaar die geschikt zijn om grote vermogens bij hoge spanningen verliesvrij te schakelen. Een IGBT ( staat voor Isulated Gate Bipolar Transistor ) deze IGBT kan met een hoge schakelsnelheid en lage gate spanning enorme grote stromen schakelen. Beiden halfgeleiders worden in HVDC transmissiesytemen gebruikt. Opgemerkt kan worden dat bij toepassing van IGBT techniek de converter stations compacter gebouwd kunnen worden omdat door deze techniek er minder reactoren nodig zijn.

### **Omkeerbaarheid**

Het transmissiesysteem is omkeerbaar enerzijds worden de halfgeleiders als rectifier gebruikt en aan de andere zijde als inverter. De inverter werkt op basis van PWM ( Puls Width Modulatie ). Van de primaire AC wordt een PWM

signaal gemaakt welke wordt aangeboden middels een licht pulssignaal op de gate van de inverter halfgeleiders. Dit lichtpulssignaal wordt aangeboden door een glasfiberkabel. Hierdoor is het PWM signaal volledig gescheiden. Een PWM signaal heeft een vorm van een blokgolf met een vaste frequentie. Door de breedte van de blokgolf aan te passen kan men de gemiddelde stroom laten variëren. Hiermee wordt de 50Hz wisselstroom opgewekt. Door de omkeerbaarheid van de halfgeleiders worden deze kleppen genoemd.

### **Power transmissie lijnen**

Er zijn twee manieren om de gelijkstroom te transporteren van het ene converter station tot het andere converter station.

- a. d.m.v. één geleider voor de aanvoerstroom en de zeebodem als retourgeleider. Dit wordt Monopolaire geleiding genoemd.
- b. d.m.v. twee geleiders één voor de aanvoer en één voor de retour. Dit wordt Bipolaire geleiding genoemd

### **Monopolaire verbinding**

Bij een monopolaire verbinding wordt een enkele kabel in de zeebodem gelegd. Voor de retour verbinding wordt aan weerszijde van de zeeverbinding een elektrode aangebracht. Deze zorgen ervoor dat de retourstroom over de zeebodem komt naar de bron. Deze manier heeft als voordeel dat het goedkoper is in aanleg, immers er is maar één kabel nodig.

Nadelen :

- Elektrolyse verschijnselen b.v. vorming van Chlorine.
- Magnetische velden welke b.v een scheepskompas kan verstoren.
- Zwerfstromen welke metalen aantasten zoals zeekabels e.d.
- Minder transportvermogen t.o.v. een bipolaire verbinding

### **Bipolaire verbinding**

Bij een bipolaire verbinding worden twee kabels naast elkaar gelegd in een omhulling in de zeebodem. Eén kabel heeft een hoge positieve spanning t.o.v. aarde en de ander kabel heeft een hoge negatieve spanning t.o.v. aarde. Hierdoor ontstaat een spanningsverschil die twee maal zo hoog is t.o.v. een monopolaire systeem met aarde. De isolatie van bipolaire kabels zal dus zwaarder zijn als van een monopolaire kabel.

Voordeel groter transportvermogen, nadeel hogere aanleg kosten.

### **Wanneer Monopolaire en wanneer Bipolaire**

Dit hangt af van een aantal factoren bijvoorbeeld de afstand en de omstandigheden.

### **Nawoord**

We hebben de toepassing doorgenomen van HVDC transmissie dit opent vele mogelijkheden zoals:

- Uitwisselen van elektriciteit overschotten.
- Conventionele elektriciteit opwekkers te koppelen over grote afstanden.
- Duurzame opwekkers als waterkrachtcentrales, windenergieparken en zonne-energiecentrale onderling te verbinden.
- Derden wereldlanden van elektriciteit voorzien om een economie op te bouwen.

Met deze hybride toepassing kunnen we zeggen dat Edison en Nicolai Tesla de handen in één hebben geslagen.