

Spanningsverlies in kabelsZX ronde 8 november 2015

Spanningsverlies leidt tot vermogensverlies en daarbij energieverlies. Met het berekenen van kabels moet hier rekening mee gehouden worden. Als de doorsnede van de geleiders te klein wordt gekozen kunnen kabels warm worden en stroom/tijd beveiligingen niet op tijd aanspreken.

In de installatietechniek moeten kabel berekeningen gemaakt worden volgens de normen voor de aanleg van laag- en hoogspanninginstallaties.

Wat moet er berekend worden:

- De circuitweerstand, deze moet er voor zorgen dat een stroom/tijd beveilig een overbelasting of kortsluiting binnen de gestelde tijd het stroomcircuit onderbreekt. Bijvoorbeeld 0,4 seconden voor groepen waarop wandcontactdozen zijn aangesloten.
- De maximale toelaatbare stroom (I_z) dit is de maximale stroom die in een kabel mag lopen. De berekende max. bedrijfstrom I_b is de I_z maal de correctiefactoren voor de aanlegmethode en omgeving temperatuur.
- Het spanningsverlies in de kabel vanuit de norm mag dit max. 3% zijn.

Een rekenvoorbeeld: Spanningsverlies $U_v = 3\%$ van 230Volt = 6,9Volt.

Bij een continu bedrijfstrom van 12A is het vermogensverlies in de kabel

$U_v = 6,9\text{Volt} \times 12 \text{ A} = 82,8 \text{ Watt}$.

Gaan we deze Watt verliezen vertalen in energie dan is dit 725 kWh per jaar.

Om de verliezen te beperken kan de spanningsval worden verlaagd door de doorsnede van de geleider groter te kiezen. Maar dat betekent meer koper dus een duurdere kabel. Maar op langere termijn kan de meerprijs een goede investering zijn.

Om de verliezen te beperken kunnen we ook de spanningen gaan verhogen naar 10 kV, 23 kV en 50 kV, 110kV, 150kV , 245 kV of 380kV . Het voordeel van een hoge spanning is een relatief lage stroom bij gelijk vermogen.

Een nadeel is dat bij hoge spanningen de isolatieweerstand van kabels groter moet zijn. Problemen met de isolatieweerstand levert lekstroom op. Deze aardfout stromen worden tot een bepaalde marge getolereerd.

Hoogspanningskabels worden er niet op afgeschakeld maar te veel foutstroom in het circuit wordt wel gesignaleerd.

Een gevaar bij hele hoge spanningen is dat bij een kortsluiting in de grond de kortsluitenergie enorm hoog kan worden op de plaats van de kortsluiting. Dit is een van de redenen waarom 380kV koppelkabels nog steeds bovengronds worden aangelegd.

Wat betreft de elektrische weerstand in een geleider gaan we even terug in tijd. Hiervoor gaan we naar Pouillet ofwel de wet van Pouillet.

Pouillet werd geboren in Cusance, in het Franse departement Doubs. Hij steunde het werk van Georg Ohm, die aantoonde dat er een directe relatie bestond tussen elektrische spanning en stroom.

Pouillet berekent de elektrische weerstand van een homogene geleider met constante doorsnede als $R = \rho \times L / A$ als $R = 0,0175 \times (2 \times L / \text{doorsnede mm}^2)$

$\rho = (\text{Rho})$ Soortelijke weerstand in Ohm / meter

Als we de Ohmse weerstand R_l van een geleider willen weten dan is het geleidermateriaal belangrijk iedere geleider heeft zijn eigen soortelijke weerstand voor een elektrische stroom. Voor koper is dit 0,0175 Ohm / meter.

Maar er moet een 50Hz wisselstroom getransporteerd worden. Dus buiten de gelijkstroomverliezen hebben we ook nog te maken met inductieve en capacatieve verliezen.

Deze vallen bij laagspanning installaties met een relatief korte kabellengte en grote doorsnede wel mee. Maar bij hoogspanningskabels met lange lengte kan dit behoorlijk van invloed zijn op de kabelverliezen.

Laten we is gaan kijken naar een drie aderige hoogspanningskabel welke geschikte is van 8,7 tot 15kV. De nominale geleider snede is 120mm² en het geleidermateriaal is van koper. En de lengte van de kabel is 10km.

De normale weerstand R_{lengte} is gelijk aan de bedrijfsweerstand. Deze wordt meestal door de fabrikant gespecificeerd als $RDC,20$, de gelijkstroomweerstand bij 20C

De meeste kabels zijn immers niet continu vol belast, waardoor de temperatuur nooit de maximum waarde zal bereiken.

De berekende waarde voor R' is de voor de temperatuur gecorrigeerde gelijkstroomweerstand. Formeel moet deze berekende waarde nog gecorrigeerd worden voor het skin effect en het proximity effect.



De normale reactantie kan ook uit de specificatie van de fabrikant gehaald worden. Deze is voor een drie aderige kabels constant. Bij enkeladerige hoogspanningskabels is de ligging (driehoek of plat vlak) van belang.

De fabrikant geeft de volgende specificatie op, de kabel is drie aderig, is voorzien van bepantsering, een aardscherm en is rood van kleur, de buitendiameter is 67,5mm, de AC weerstand R_{dc20} is 0,2 Ohm / km de max. toelaatbare stroom is 300A en max. temperatuur 70 C in de grond.

Lengte 10kV kabel = 10 km

$R_{dc} \text{ 20-kabel} = 10\text{km} \times 0,2 \text{ Ohm} = 2 \text{ Ohm}$

Bedrijfsspanning = 10 kV

Gemiddelde bedrijfstrom $I_b = 200\text{A}$

U-verlies in de kabel = $I \times R_{dc} = 200 \times 2 = 800\text{Volt}$

P-verlies in de kabel = $I^2 \times R_{dc} = 200^2 \times 2 = 40 \text{ kVA}$

Vermogen over 10 kV kabel = $P = U_n \times I_n \times \sqrt{3} = 10000 \times 200 \times 1,73 = 3460\text{kVA}$.

Procentuele verlies = $40 / (3460 / 100) = 2,3 \%$

De verliezen door de bedrijfscapaciteit van $0,28\mu\text{F} / \text{km}$ zijn niet meegenomen maar deze zijn relatief klein voor deze afstand. Mede omdat bij hoogspanningsinstallatie zwevende netten worden toegepast is de impedantie hoog tussen aarde en de fase draden.

Bij deze berekening zijn we uitgegaan van een 50 Hz symmetrische wisselstroom net waarbij de normale Ohmse weerstand en reactantie is aangehouden. Voor de nauwkeurigheid kunnen we ook homopolaire berekeningen uitvoeren, maar deze zijn pas te maken als de juiste netgegevens en aanlegmethode bekend is.

Aan de hand van deze voorbeelden is het duidelijk dat de verliezen afhankelijk zijn van bedrijfsstroom, bedrijfsspanning, doorsnede en het geleidermateriaal en de lengte van de kabel, aanlegmethode en omgevingstemperatuur.

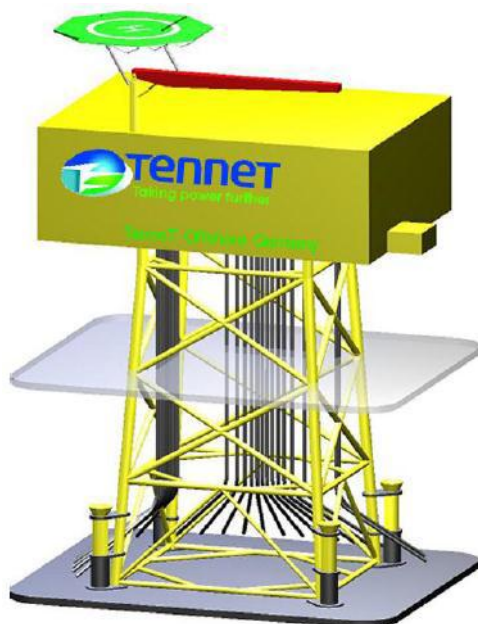
Als we de kabelverliezen van alle in de grond gelegde energiekabels van LS en HS installatie in Nederland bij elkaar optellen is dit een enorm vermogen. Om daar een getal voor te noemen zonder de juiste berekeningen is moeilijk.

De toepassing van gelijkstroom voor het transport van elektriciteit kan hierin verandering brengen.

Dit is makkelijker gezegd dan gedaan, in de huidige situatie is nog geen transitie van betekenis op gang gekomen om gelijkstroom te gaan gebruiken voor korte verbindingen tussen hoogspanningstations.

Dit is wel gebeurd bij de zogenaamde HVDC verbindingen tussen Nederland en Noorwegen (Nordned kabel $L = 580$ km) en Nederland en Engeland (De Britned kabel $L = 259$ km).

Dan windenergie op de Noorzee, vanuit overheidswege wil men een transitie naar duurzaam opgewekte elektriciteit. Hieronder valt ook het plan om in de Noordzee windturbines te plaatsen. Deze moeten een forse bijdrage gaan leveren aan de totaal benodigde hoeveelheid duurzame energie

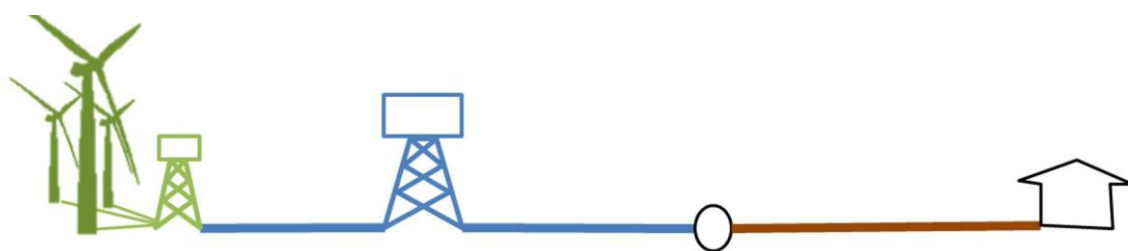


Als we naar de locatie kijken waar de windturbines geplaatst zijn en nog geplaatst worden dan valt op dat de afstanden onderling groot zijn. Dit geldt zeker voor de afstand tussen het te bouwen offshore HS schakelstation in zee en het HS schakelstations op land.

Om hier een infrastructuur voor te ontwerpen is veel rekenwerk nodig zeker voor kabels die in de zeebodem gelegd moeten worden.

Daarbij komen de kosten van de kabel en aanleg.

Deze kosten zijn t.o.v. kabels die op land worden aangelegd ongeveer het tienvoudige . Geen makkelijke opgave dus.



Om een indruk te krijgen van het soortkabels wat gebruikt wordt voor offshore als voorbeeld het Windpark Northwind op de Lodewijkbank ongeveer 37 km uit de kust van België het windmolenpark bestaat uit **72 windturbines** met een gezamenlijke capaciteit van 216 MW en beslaat 14,5 vierkante kilometer

De elektriciteit wordt in het hoogspanningsstation van Elia in Zeebrugge in het Belgische elektriciteitsnetwerk geïnjecteerd.

Het merendeel van de 245 kV-verbinding van 43 km tussen Northwind en Zeebrugge bestaat uit drie kopergeleiders van 1000 mm².

Op een deel van de kabelroute vinden echter regelmatig baggerwerkzaamheden plaats. Ter bescherming van de kabel moet deze daarom op een diepte van 9 meter in de zeebodem worden ingegraven. Voor het behoud van de elektrische prestaties van de kabel moet de doorsnede van de geleider over een lengte van 4 km worden verhoogd naar 1200 mm². Deze kabellengte heeft een buitendiameter van 265 mm en weegt 130 kg per meter.

Buiten de kabelverliezen van deze verbinding komt er maar een gedeelte van de 216MW aan land.

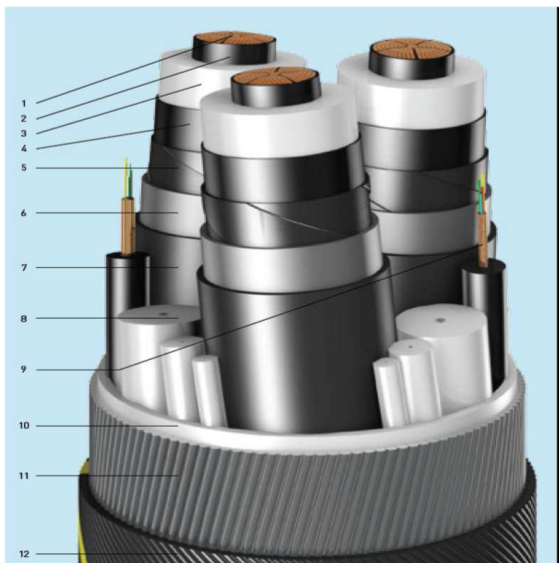
Het vermogen wat aan land gebruikt kan worden is afhankelijk van de windsterkte, de systeem verliezen van de turbine, de kabelverliezen enz.

Verder moet rekening gehouden worden met hevig fluctuerende stromen waar ook een bepaalde veiligheidsmarge voor moet worden aangehouden.

Kabelinfo

De **onderzeese kabels** worden geproduceerd in de gespecialiseerde kabelfabrieken. De kabels bevatten soms ook glasvezelelementen voor datacommunicatie, besturing en controle van de power systemen

Onder zee hoogspanningskabel.



Doorsnede hoogspanningskabel

