

HOE ZIT EEN HOOGSPANNINGSMAST IN ELKAAR?

Bliksemdraden

De bliksemdraden vormen samen met het topstuk de bliksemscherm van de hoogspanningslijn. Deze dunne draden hangen boven de circuits en dekken ze af tegen blikseminslag. Meestal zijn ze voorzien van **varkenstaarten** of markeringballen om ze beter zichtbaar te maken.

Modere bliksemdraden zijn ook voorzien van een **glasvezelkern**. Daarmee is communicatie tussen trafostations mogelijk zonder afhankelijk te zijn van het telefoonnet of straatlantaarns.



Bij zware hoekmasten zitten de bliksemdraden soms vast op zogeheten kattenoren. Die zorgen ervoor dat er altijd voldoende afstand is tot de fasedraden. Inzet: varkenstaarten maken de draden beter zichtbaar voor vliegende vogels.

Het topstuk

Een topstukje laat de mast wat fraaier lijken, maar dat is niet de eigenlijke functie. Als hoogste punt is het topstuk vooral bedoeld om **bliksem** aan te trekken en deze weg te houden van de stroomdraden.

De traversen

De meeste soorten hoogspanningsmasten zien eruit als torens met naar weerszijden uitstekende armen. Deze armen worden **traversen** genoemd. Bij hoge spanningen worden hangende isolators gebruikt, zodat de traversen een platte bodem hebben en op hun plek worden gehouden door schuin omhoog lopende latten die de trekschoren genoemd worden. Aan een traverse kunnen (afhankelijk van het mastmodel) één, twee of drie draden hangen. Bij zware mastontwerpen met gebundelde draden moeten de traversen een gewicht van meerdere tonnen kunnen dragen. Ook de traversen zelf wegen soms een paar ton.



Niet alle mastmodellen hebben traversen. Deltamasten, sommige portaalmasten en moderne bipool-masten zoals windracks gebruiken andere draagmanieren.

De hoogspanningscircuits

Via de draden wordt elektriciteit met een zeer hoog voltage over grote afstanden getransporteerd. De draden hangen altijd in groepen van drie stuks. Dit wordt een **circuit of draadstel** genoemd. Veel hoogspanningslijnen zijn **redundant** aangelegd en dragen twee circuits, maar andere aantallen circuits zijn ook mogelijk zoals één of vier. Drie is zeldzamer. In Nederland en België worden zes **netspanningen** tussen 50.000 volt en 380.000 volt gebruikt. De meeste circuits kunnen tussen 100 en 500 MVA elektrisch **vermogen** transporteren, maar zeer zware lijnen zoals hiernaast halen ruim 2500 MVA.



Demonstratiemodel van een 4 cm dikke AMIS-geleider met stalen kern. De mantel omheen is van aluminium. Wie zien dat de term kabel beter op zijn plek is dan draad...

Meelifers

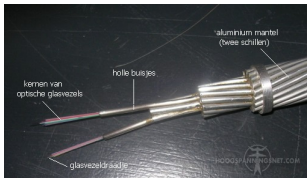
De mast op deze foto is een **combinatiemast**: behalve de twee zware 380 kV-circuits bovenin de mast zitten er ook twee traversen aan waar lichtere 110 kV-circuits aan hangen, bedoeld voor lokaal gebruik. Dit heet **meelifen**.

circuit voor 380.000 volt

circuit voor 110.000 volt

Multifunctionele bliksemafleiding

Vroeger was een bliksemdraad gewoon een aluminium kabel, maar tegenwoordig zit er in moderne bliksemdraden een kern van **optische glasvezeldraden**. Ze worden gebruikt om communicatie tussen de trafostations mogelijk te maken, onafhankelijk van het telefoonnet of straatlantaarns (de oude manier). Glasvezel klinkt luxe, maar het is de **enige** manier: als men een koperen telefoonkabel zou gebruiken zou de torenhoogte spanning op de fasedraden deze door inductie onbruikbaar maken. Glasvezel geleidt geen stroom en heeft daar dus geen last van.



Demonstratiemodel van een moderne bliksemdraad met optische glasvezelkern

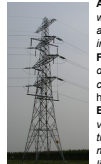
Hoekmast, steunmast, wisselmast

In een hoogspanningslijn is **niet elke mast hetzelfde**. Welke mastfuncties zijn de belangrijkste?

Draag- of steunmasten: de meest voorkomende masten, zoals die op de grote foto. De draden gaan recht door en de isolators hangen naar beneden.

Hoekmasten: zwaargebouwde masten waar de draden een bocht om moeten. De draden zijn schuin afgespannen. Ze zijn doorverbonden met een bretel.

Eindmasten: deze zien we op de trafostations, of op de overgang naar een grondkabel



Afakmasten: worden gebruikt wanneer een circuit een harde afak maakt, maar soms ook bij inluslijnen

Fasewisselmasten: hier wisselen de fasedraden van positie in hun configuratie aan de mast (foto hiernaast)

Bijzondere masten: zoals sterke verhoogde masten met brede traversen bij waterkruisingen, of masten met extra traversen bij lijnkruisingen

De toren en de rok

Het grootste en belangrijkste deel van de hoogspanningsmast is de **toren**. Deze bepaalt de hoogte, de sterkte en ook voor een groot deel het uiterlijk van de mast. Bij vakwerkmasten bestaat de toren uit vier **randstaven** waartussen diagonale latten en **kniksteunen** zitten, die gezamenlijk de **torenwand** vormen. De diagonalen voorkomen dat de toren kan gaan torderen (wikkelen) of vouwen. De kniksteunen behoeven de randstaven voor falen door uitknikken. Wie goed naar de toren kijkt, ziet dat alle latten eigenlijk uitsluitend om trekkrachten zijn berekend: de vier randstaven zijn de enige latten die drukkrachten te verduren krijgen. Bij hoge of smalle torens en ter hoogte van de traversebodems bevinden zich horizontale **kruisplatforms** die ervoor zorgen dat de toren niet knikt of inklapt. Het onderste gedeelte van de toren wordt ook wel de **rok** genoemd, maar deze term sterft uit.

Het broekstuk en fundament

De meeste hoogspanningsmasten, zeker de grote exemplaren, hebben een mastvoet die uit vier poten lijkt te bestaan. Dit wordt een broek of **broekstuk** genoemd. Het broekstuk moet het volle gewicht van de mast dragen, plus de krachten die op de mast en de kabels komen te staan door wind, sneeuw en ijzel. Daarom staat het broekstuk doorgaans iets wijder uit dan de onderkant van de toren. Wie goed kijkt ziet dat een broekstuk bestaat uit vier **tetraëdervormen**, die bij grote masten hoog genoeg zijn om er met een tractor gewoon onderdoor te rijden. Een mast moet goed stevig staan. Vroeger werden gegoten **betonblokken** of grondplaten met vier **stiepjes** veel gebruikt als fundatie. Tegenwoordig zijn vier forse **heipalen** populairder. De poeren worden dan netjes ingegoten.

Waarom zijn er zoveel mastsoorten?

Er lijken bijna oneindig veel mastsoorten te bestaan. En daar zijn al net zoveel redenen voor. Soms ligt die voor de hand: zware circuits voor 380.000 volt (380 kV) vereisen meer veiligheid en moeten hoger boven de grond hangen aan zware en grote masten. Ook het aantal circuits bepaalt welke mast het handigste is.

Maar de belangrijkste reden ligt besloten in de **netgeschiedenis**. In een ver verleden had ieder gebied (vaak een provincie) zijn eigen elektriciteitsbedrijf met een zelfbeheerd hoogspanningsnet. Ieder bedrijf had zijn eigen voorkeur: zo was de Lisselmeij (Overijssel) dol op **hamerkoppen** (lage T-vormige masten) die niet zo opvallend in een vlak landschap. De PGEM (Gelderland) gebruikte juist graag **tonnen** vanwege hun smalle, hoge profiel en hun hoge elektrisch rendement. En de PUEM uit Utrecht koos een compromis in de vorm van zogeheten **donaumasten**. Het voert te ver om hier op alle mastsoorten in te gaan, maar elk soort heeft zijn eigen kenmerken. Sinds de WON (de Splittingswet) is het hoogspanningsnet **staatsbezit** geworden. Maar de erfenis van de inmiddels bijna vergieten elektriciteitsbedrijven is tot op de dag van vandaag terug te zien aan de hoogspanningslijnen - die een enkele keer zelfs plompeverloren midden het veld van mastontwerp veranderen op de plek waar ooit een oude concessiegrens lag!

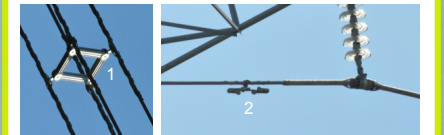
Achter het stopcontact gaat een wereld schuil van draden, generators, transformatoren en netbeheerders. Hoogspanningslijnen zijn er een onmisbaar onderdeel van. Toch gaan we in het dagelijks leven snel aan ze voorbij. En dat is jammer, want onze huidige samenleving zou niet meer mogelijk zijn zonder dit netwerk van snelwegen voor elektriciteit. Nieuwsgierig? Welkom in de wereld van het hoogspanningsnet.

HOOGSPANNINGSNET.NL

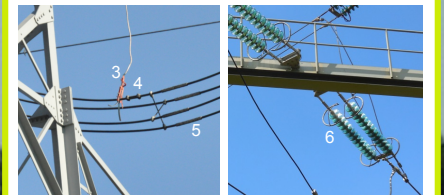
www.hoogspanningsnet.nl - Alles over hoogspanning op het net
De plek met de meeste spanning voor mastengebieden, informatie en netbeheer
...my jaar en het draadje!

In en om de draden

De draden zijn meer dan alleen geleiders. Bij zware hoogspanningslijnen bestaat iedere fasedraad op zijn beurt uit meerdere samengestelde geleiders die door afstandhouders tot een gezamenlijke draad worden verbonden (1). Enkelvoudige geleiders zijn rond en kunnen in harde wind gaan trillen en fluiten. Om dat tegen te gaan worden er vlakbij de isolators zogeheten **Stockbridge-dampers** opgehangen die trillingen opnemen (2).



Bij onderhoud worden de draden voor de veiligheid direct aan het mastlichaam **geaard**. Dat gebeurt door een **aardklem** (3) naar te laten op het zogeheten **hondenbolje** (4). Als je goed kijkt kan je soms ook **persoonlijke vindingen** (5). Daar zijn de draden aan elkaar doorverbonden. Om **lekstroom** over de isolators te voorkomen door deze in een zelfgeïnduceerd magnetisch veld te smoren (of soms ook om de potentiële gevolgen van een kortsluiting te beperken) kunnen er **coroneringen** en **vlamboogpipen** aan de uiteinden van de isolatorkettingen zijn bevestigd (6), maar dit is niet altijd gedaan.



Oeps, naast het hondenbolje gemikt... Het blijft natuurlijk mensenwerk.

Borden, nummers en circuiteherkenning

Het **waarschuwingsbord** (7) bevat een elektrisch gevarenken, de gegevens van de **netbeheerder** (in Nederland is dat **Tennet TSO**, in België **Elia**) de netspanning, het mastnummer en een gesloten toegangsverlaring. Bij grote masten wordt het mastnummer herhaald op de **heikopterborden** die in de top van de mast zitten. Deze borden zijn bedoeld om bij schouwing van uit een helikopter de mast snel te kunnen identificeren.

Tennet en **Elia**, beide staatsbedrijven, beheren het hoogspanningsnet

Hoogspanningscircuits worden geïdentificeerd door ze aan te duiden met een kleur: zwart, wit, blauw, oranje, et cetera. Deze kleur wordt op een **circuitlet** (8) gevestigd waarin de beginletter van de kleur is uitgestanst: zo is het bord nog steeds leesbaar wanneer deze verroest of zelfs per ongeluk verkeerd overschilderd is. Een andere gangbare identificatiemethode is zogeheten **randstaafschijfing**. Een deel van de **randstaaf** wordt dan in de kleur van het circuit geschilderd. Beide methoden kunnen tegelijk gebruikt worden. Je ziet ze op de mastvoet en ze worden bovendien de mast aan het begin van de traversen herhaald.

De **klakketallen** (9) bevatten een **code** die de afkorting is van het eindepunt van het circuit. Op het bordje hiernaast betekent ZL-MEE 'Zwolle-Meeden', de hoogspanningslijn waar de mast op de top van de mast uitkomt. Boven de circuitcode staan drie **stippels** met een getal dat altijd het cijfer 4 van elkaar verschilt. Er wordt mee aangegeven welke kant de stroom op draait en waar de fases zich ruimtelijk gezien bevinden.