

Holtevrije vulling

De sleutel tot het voorkomen van vochtingress en partiële ontladingen in middenspanningskabelmoffen

Introductie

In overstroomde omgevingen wordt de betrouwbaarheid van middenspanningskabelmoffen meestal niet bepaald door de kabelisolatie zelf. Storingen ontstaan vaak in de kabelmof, waar interfaces, afdichtingszones en installatiekwaliteit bepalend zijn voor de prestaties op lange termijn.

Eén factor speelt daarbij steeds opnieuw een belangrijke rol: of een kabelmof volledig en holtevrij is gevuld.

Holtes en niet-opgevulde ruimtes zijn meer dan alleen cosmetische onvolkomenheden. Onder hydrostatische druk vormen zij startpunten voor vochtingress en kunnen zij elektrische degradatiemechanismen zoals partiële ontladingen veroorzaken.

Dit document legt uit waarom een holtevrije vulling een essentiële ontwerp- en installatievoorwaarde is voor middenspanningskabelmoffen in omgevingen waar blootstelling aan water een rol speelt en waarom dit nog belangrijker wordt bij temperatuurwisselingen.

Waarom een holtevrije vulling belangrijk is in overstroomde omgevingen

Onder hydrostatische druk zoekt vocht altijd de weg van de minste weerstand. Bij middenspanningskabelmoffen loopt die weg meestal niet door massief materiaal, maar langs micro-openingen bij interfaces, luchtinsluitingen en verbonden porositeit.

Wanneer dergelijke onregelmatigheden aanwezig zijn, kan vocht zich na verloop van tijd verder door de kabelmof verspreiden. De gevolgen worden vaak niet direct zichtbaar, maar kunnen maanden later alsnog leiden tot een storing.

Daarom moet een holtevrije vulling worden gezien als een belangrijke voorwaarde voor betrouwbaarheid en niet als een extra kwaliteitskenmerk.

Van holte naar storing

Een holte is zelden een op zichzelf staand probleem. Bij blootstelling aan vocht kan een holte het begin vormen van een proces dat uiteindelijk tot een storing leidt.

Wanneer vocht een kabelmof binnendringt, kunnen verschillende degradatiemechanismen ontstaan:

- Verlaging van de isolatieweerstand;
- Toename van diëlektrische verliezen ($\tan \delta$);
- Partiële ontladingen en water treeing;
- Versnelde thermo-elektrische veroudering van materiaalinterfaces.

Holtes versterken deze processen op twee manieren:

- Ze creëren ruimtes waarin vocht zich kan ophopen en aanwezig blijft;
- Ze veroorzaken lokale concentraties van het elektrische veld, waardoor de kans op partiële ontladingen toeneemt.

Een holtevrije vulling helpt dus niet alleen om vochtingress te voorkomen, maar beperkt ook de elektrische verschijnselen die kunnen leiden tot geleidelijke isolatieschade.

Waar holtes vandaan komen (en waarom ze vaak voorkomen)

Holtes en niet-opgevulde ruimtes ontstaan meestal tijdens installatie- en verwerkingsprocessen.

Twee eigenschappen van hars hebben een grote invloed op de vraag of een ruimte volledig wordt gevuld: viscositeit en verwerkingstijd (pot life).

Wanneer de viscositeit te hoog is, kan de hars complexe geometrieën of smalle interfacegebieden onvoldoende bevochtigen. Hierdoor kunnen micro-openingen achterblijven.

Wanneer de verwerkingstijd te kort is, moet de installatie mogelijk worden afgerond voordat de hars zich volledig heeft verspreid en genivelleerd. Daardoor neemt de kans op luchtinsluitingen en onvolledige vulling toe.

Een gecontroleerde viscositeit en voldoende verwerkingstijd ondersteunen een volledige bevochtiging en een nauwkeurige vulling van complexe kabelmofgeometrieën. Zo worden holtes en openingen op interfaces voorkomen.

Holtevrij betekent ook luchtbelvrij uitharden

Zelfs wanneer een ruimte eerder volledig is gevuld, kunnen tijdens het uitharden alsnog interne onregelmatigheden ontstaan.

Wanneer tijdens het uitharden luchtbelllen of verbonden porositeit ontstaan, kan hydrostatische druk deze structuren gebruiken als capillaire paden voor watermigratie.

Het voorkomen van verbonden porositeit helpt daarom om watermigratie onder druk op lange termijn te beperken.

Voor toepassingen in vochtige of overstroomde omgevingen is het belangrijk dat na uitharding een dichte, homogene structuur ontstaat zonder interne waterpaden. Een materiaal kan er aan de buitenkant massief uitzien, terwijl zich intern nog routes bevinden waarlangs vocht zich kan verplaatsen.

Waarom holtevrije kwaliteit essentieel is bij sterke temperatuurwisselingen

Temperatuurwisselingen zorgen voor voortdurende uitzetting en krimp van materialen in en rondom de kabelmof.

Na verloop van tijd kunnen deze temperatuurwisselingen de mechanische belasting op interfaces vergroten en verouderingsprocessen versnellen.

Wanneer holtes aanwezig zijn, kunnen deze effecten de betrouwbaarheid verder verminderen doordat:

- Mechanische spanningen zich concentreren rond onregelmatigheden;
- Vocht in holtes de lokale geleidbaarheid kan beïnvloeden bij temperatuurveranderingen;
- De kans op partiële ontladingen toeneemt door veldconcentratie aan de randen van holtes.

In vochtige omgevingen hangen de prestaties van een middenspanningskabelmof af van zowel een betrouwbare afdichting als stabiele elektrische eigenschappen. Een holtevrije vulling helpt partiële ontladingen te voorkomen en ondersteunt stabiel diëlektrisch gedrag gedurende de levensduur van de kabelverbinding.

Praktische kwaliteitsdoelstellingen

Een holtevrije vulling is geen afzonderlijk controlemoment, maar het resultaat van een goed beheerst proces.

Kenmerken van een kwalitatief hoogwaardige vulling zijn onder andere:

- Een volledig gevulde ruimte zonder opgesloten lucht;
- Volledige bevochtiging van materialen en interfacegebieden;
- Een uitgeharte structuur zonder verbonden porositeit;
- Een afdichting die stabiel blijft onder veroudering en bedrijfsbelasting.

Deze eigenschappen verminderen zowel het risico op directe vochtingress als op vertraagde elektrische degradatie.

Conclusie

Een holtevrije vulling is één van de belangrijkste factoren voor de betrouwbaarheid van middenspanningskabelmoffen in overstroomde omgevingen.

Holtes en niet-opgevulde ruimtes vormen startpunten voor vochtingress onder druk en partiële ontladingen. Hierdoor wordt het degradatieproces versneld dat uiteindelijk tot vertraagde storingen kan leiden.

Een middenspanningskabelmof die volledig wordt gevuld en uithardt tot een dichte, homogene structuur biedt een betere bescherming tegen vochtingress en helpt stabiele elektrische prestaties gedurende de levensduur van de kabelverbinding te behouden.