

KONINKRIJK BELGIE

FEDERALE OVERHEIDSDIENST ECONOMIE, K.M.O., MIDDENSTAND EN ENERGIE EN
FEDERALE OVERHEIDSDIENST WERKGELEGENHEID, ARBEID EN SOCIAAL OVERLEG

Koninklijk besluit tot wijziging van de artikelen 98 en 99 van het Algemeen Reglement op de
Elektrische Installaties

ALBERT II, Koning der Belgen,

Aan allen die nu zijn en hierna wezen zullen,
Onze Groet.

Gelet op de wet van 10 maart 1925 op de elektriciteitsvoorziening, inzonderheid op artikel 21, 1°;

Gelet op de wet van 4 augustus 1996 betreffende het welzijn van de werknemers bij de uitvoering
van hun werk, inzonderheid op artikel 4, 1°;

Gelet op het koninklijk besluit van 10 maart 1981 waarbij het Algemeen Reglement op de
Elektrische Installaties voor de huishoudelijke installaties en sommige lijnen van transport en verdeling
van elektrische energie bindend wordt verklaard en op het koninklijk besluit van 2 september 1981
houdende wijziging van het Algemeen Reglement op de Elektrische Installaties en houdende
bindendverklaring ervan op de elektrische installaties in inrichtingen gerangschikt als gevaarlijk, ongezond
of hinderlijk en in inrichtingen beoogd bij artikel 28 van het Algemeen Reglement voor de Arbeids-
bescherming, gewijzigd bij de koninklijke besluiten van 29 mei 1985, 7 april 1986 en 30 maart 1993;

Gelet op het Algemeen Reglement op de Elektrische Installaties, gevoegd bij het koninklijk
besluit van 10 maart 1981, inzonderheid op de artikelen 98 en 99;

Gelet op het advies van het Vast Elektrotechnisch Comité, gegeven op 13 februari 2003;

Gelet op het advies van de Hoge Raad voor Preventie en Bescherming op het werk, gegeven op
27 juni 2003;

Gelet op het feit dat voldaan is aan de formaliteiten voorgeschreven bij de Richtlijn 98-34-EG van
het Europees Parlement en de Raad betreffende een informatieprocedure op het gebied van normen en
technische voorschriften;

Gelet op de wetten op de Raad van State, gecoördineerd op 12 januari 1973, inzonderheid op
artikel 3, § 1, vervangen door de wet van 4 juli 1989 en gewijzigd bij de wet van 4 augustus 1996;

Gelet op de dringende noodzakelijkheid;

Overwegende dat de in dit besluit opgenomen voorschriften verbeteringen en aanvullingen
uitmaken van de reglementering wat betreft het voorkomen van elektrische schokken bij onrechtstreekse
aanraking bij hoogspanning, die, om voor de veiligheid te zorgen, zonder uitstel dienen verplichtend
gemaakt te worden,;

Op de voordracht van Onze Minister van Werk, van Onze Minister van Energie en van Onze
Staatssecretaris voor Arbeidsorganisatie en Welzijn op het werk,

Hebben Wij besloten en besluiten Wij :

Artikel 1.- Voor de toepassing van dit besluit moet onder "Reglement" worden verstaan het Algemeen

Reglement op de Elektrische Installaties, dat het voorwerp is van het koninklijk besluit van 10 maart 1981 waarbij het Algemeen Reglement op de Elektrische Installaties voor de huishoudelijke installaties en sommige lijnen van transport en verdeling van elektrische energie bindend wordt verklaard en van het koninklijk besluit van 2 september 1981 houdende wijziging van het Algemeen Reglement op de Elektrische Installaties en houdende bindendverklaring ervan op de elektrische installaties in inrichtingen gerangschikt als gevaarlijk, ongezond of hinderlijk en in inrichtingen beoogd bij artikel 28 van het Algemeen Reglement voor de Arbeidsbescherming, gewijzigd bij de koninklijke besluiten van 29 mei 1985, 7 april 1986 en 30 maart 1993.

Art. 2.- De artikelen 98 en 99 van het Reglement worden respectievelijk vervangen door de volgende artikelen :

"Art. 98.- HET VOORKOMEN VAN ELEKTRISCHE SCHOKKEN BIJ ONRECHTSTREEKSE AANRAKING BIJ HOOGSPANNING

01.- Bepalingen

01.1.- Begrippen met betrekking tot de bescherming tegen elektrische schokken in hoogspanning

Contactspanning t.o.v. de aarde " U_T " : deel van de aardpotentiaalstijging U_E die op een persoon kan aangebracht worden, wanneer de stroom door het menselijk lichaam tussen de handen en de voeten vloeit (horizontale afstand tussen voeten en aangeraakte massa van 1 m).

Toelaatbare contactspanning " U_{Tp} " : limietwaarde van de toegelaten contactspanning in functie van de foutstroomduur.

Deze limieten worden bepaald door de veiligheidscurve weergegeven in figuur 98.2 voor de installaties van transport en distributie van elektriciteit en voor de installaties die uitsluitend toegankelijk zijn voor BA4 of BA5 personen.

Ze worden bepaald door de veiligheidscurven van artikel 31-03 voor alle andere gevallen.

Stapspanning " U_s " : deel van de aardpotentiaal-stijging U_E die op een persoon met een staplengte van 1 m kan aangebracht worden wanneer de stroom door het menselijk lichaam van voet tot voet vloeit.

Gevaarlijke potentiaalverschillen : de gevaarlijke potentiaalverschillen zijn deze die contactspanningen groter dan de toegelaten waarde U_{Tp} kunnen veroorzaken.

01.2.- Begrippen met betrekking tot aarding in hoogspanning

Lokale aardingsinstallatie : geheel met beperkte spreiding, bestaande uit één of meerdere met elkaar verbonden aardverbindingen, de bijbehorende aardgeleiders en de beschermingsgeleiders.

Globale aarding : aarding verwezenlijkt door middel van een samenstelling van lokale aardingsinstallaties die onderling galvanisch met elkaar verbonden zijn, met inbegrip van de eventuele kabels met aardingseffect.

Kabel met aardingseffect : blanke geleider of metalen deel van de mantel van een kabel, die door zijn contact met de aarde, zich gedraagt als een aardverbinding.

Aardpotentiaalstijging " U_E " : spanning aanwezig tussen een aardingsinstallatie en de neutrale (referentie) aarde als gevolg van een aardfoutstroom.

Aardbodemsch spanning " U_ϕ " : spanning aanwezig tussen een punt van de aardbodem en de neutrale (referentie)aarde als gevolg van een foutstroom.

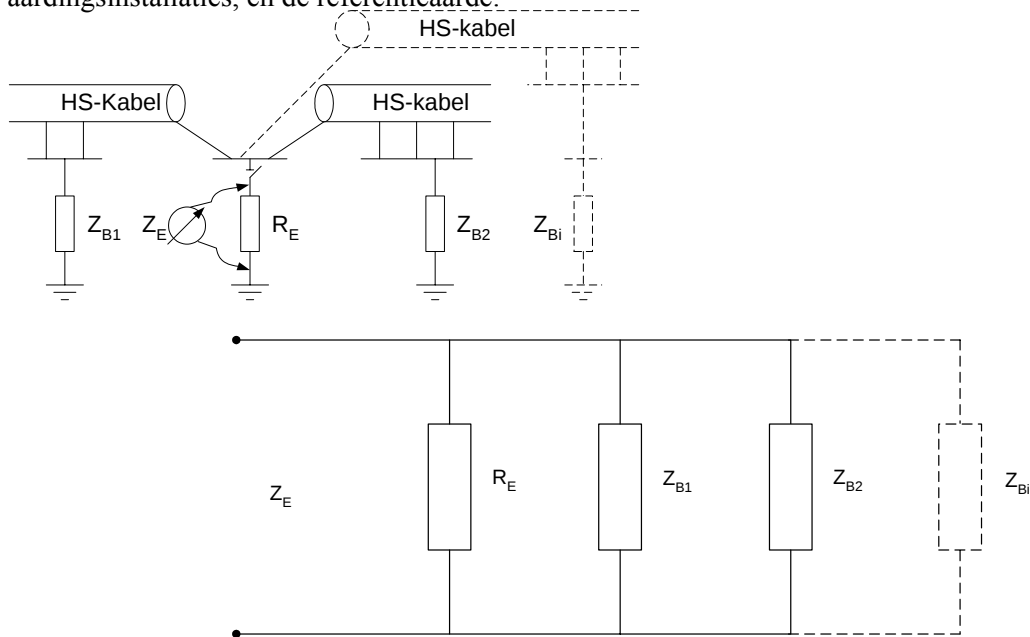
Neutrale zone of neutrale (referentie) aarde : deel van de aarde, buiten de beïnvloedingszone van een aardverbinding, waarin, tussen gelijk welke twee punten, geen waarneembaar potentiaalverschil

kan voorkomen ten gevolge van een aardfoutstroom.

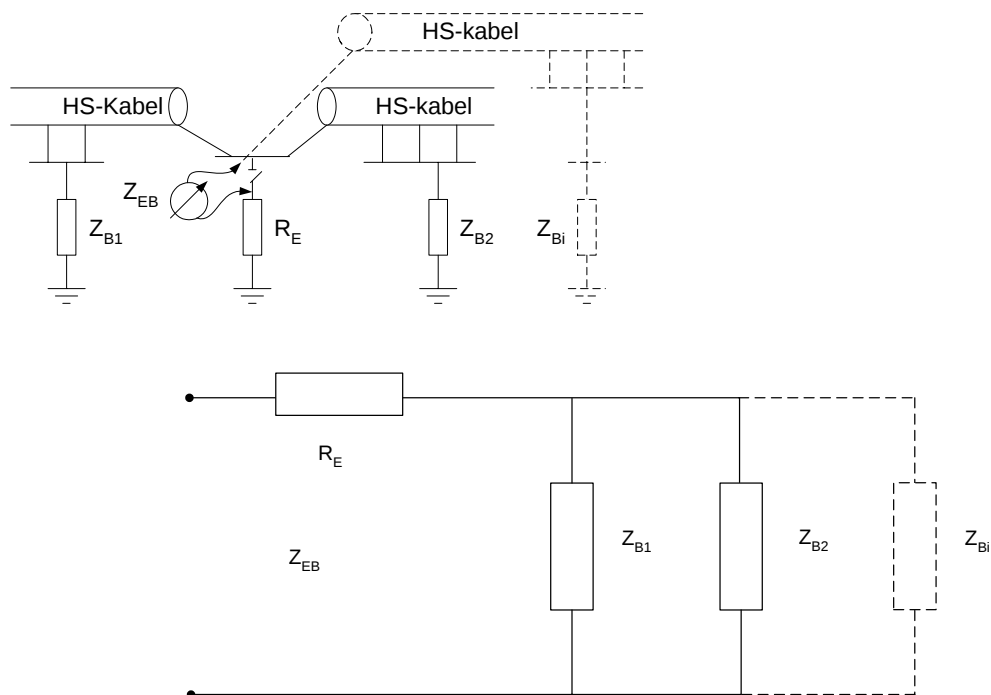
Spreadingszone (van een aardverbinding) : zone gelegen omheen de aardeverbinding en buiten de neutrale zone.

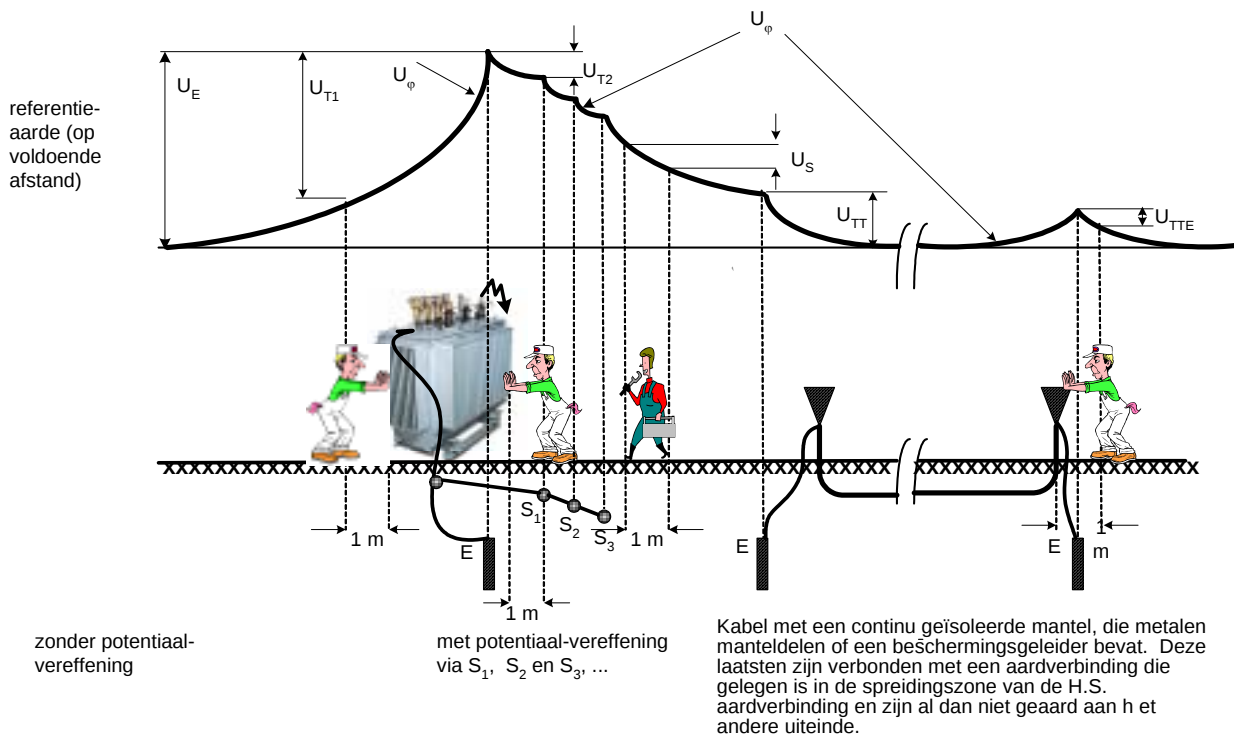
Aardingsweerstand " R_E " (aardverspreidings-weerstand van een aardverbinding) : weerstand tussen de aardverbinding en de referentieaarde.

Aardingsimpedantie " Z_E " : impedantie tussen de aardingsinstallatie eventueel verbonden met andere aardingsinstallaties, en de referentieaarde.



Lusimpedantie van een aardverbinding " Z_{EB} " : impedantie van de kring gevormd door de weerstand " R_E " van de aardverbinding in serie met de impedantie " Z_B " van alle andere terugwegen naar de aarde.





Overgebrachte contactspanning “ U_{TT} ” : waarde van de contactspanning overgebracht door de metalen delen van de mantel van een kabel of door een beschermingsgeleider, als deze niet geaard zijn op het afgelegen uiteinde.

Overgebrachte contactspanning_ “ U_{TTE} ” : waarde van de contactspanning overgebracht door de metalen delen van de mantel van een kabel of door een beschermingsgeleider, als deze ook geaard is op het afgelegen uiteinde.

E	aardverbinding
S_1, S_2, S_3	bijkomende aardverbindingen die toelaten de potentiaalverschillen te beperken (vb. Aardverbindingen in lus verbonden met de aardverbinding E)
U_E	aardpotentiaalstijging
U_S	stapspanning
U_T	contactspanning
U_ϕ	aardbodemspanning

Voorbeeld van verandering van aardbodemspanning en van spanningen bij het vloeien van stroom in de aardverbindingen

02.- Algemene principes

De bescherming tegen elektrische schokken bij onrechtstreekse aanraking moet in hoogspanningsinstallaties worden verzekerd door :

- 1) het beperken van de kans dat een fout optreedt die het ontstaan van gevaarlijke contactspanningen tot gevolg kan hebben.

Om dit te bereiken dient men er zich van te verzekeren dat :

- het elektrisch materieel op een zodanige wijze is ontworpen, vervaardigd, gekozen en geïnstalleerd dat het veilig gebruikt kan worden;
 - het elektrisch materieel gebruikt wordt in overeenstemming met zijn bestemming;
 - het elektrisch materieel op een gepaste wijze wordt onderhouden.
- 2) het verbinden van alle massa's van de elektrische hoogspanningsinstallatie met een aardverbinding;
- 3) het nemen van bijkomende beschermings-maatregelen, naargelang het geval :
- door toepassing van passieve beschermingsmaatregelen, en/of,
 - door toepassing van actieve beschermings-maatregelen.
- Indien verschillende beschermingsmaatregelen gelijktijdig worden toegepast, mogen ze elkaar niet teniet doen noch nadelig beïnvloeden.

03.- Aardingsinstallatie

03.1.- Basisvereisten

De kenmerken van de aardingsinstallatie worden zodanig bepaald dat de volgende doelstellingen bereikt worden :

- 1) weerstand bieden aan de te verwachten mechanische en chemische invloeden;
- 1) weerstand bieden aan de thermische uitwerking van de maximum te verwachten foutstroom;
- 2) de beschadiging verhinderen van goederen en materieel;
- 3) de veiligheid van personen waarborgen, rekening houdend met de spanning die kan verschijnen bij de stroomdoorgang van de maximum te verwachten foutstroom doorheen de aardingsinstallatie, rekening houdend met de passieve en actieve beschermingsmaatregelen.

03.1.1.- Weerstand t.o.v. de mechanische en chemische invloeden

De samenstellende elementen van de aardingsinstallatie zijn vervaardigd uit materialen die een voldoende weerstand bieden tegen corrosieverschijnselen (chemische of biologische aantasting, oxidatie, elektrolytische corrosie, enz...).

Bovendien bieden zij de nodige weerstand aan de mechanische belastingen waaraan ze kunnen worden onderworpen zowel tijdens hun plaatsing als tijdens hun normale werkingsomstandigheden.

03.1.2.- Weerstand t.o.v. de thermische uitwerking door foutstromen

De na te leven doorsneden van de geleiders die de elementen van de aardingsinstallatie vormen zijn functie van de maximum te verwachten foutstroom.

Wanneer de foutstroom zich verdeelt over een geheel van aardelektroden mag voor het bepalen van de afmetingen van iedere aardelektrode rekening worden gehouden met deze stroomverdeling.

Voor de berekening van de thermische vastheid van de aardingsinstallatie wordt rekening gehouden met de waarde en de duur van de foutstroom. Hierbij wordt een onderscheid gemaakt tussen een duur kleiner dan of gelijk aan 5 seconden (adiabatische opwarming) en een duur groter dan 5 seconden (geen adiabatische opwarming).

Voor een duur kleiner dan of gelijk aan 5 seconden wordt de minimale doorsnede bepaald met behulp van de formule :

$$S \geq \frac{I}{k} \sqrt{\frac{t}{\ln \frac{\Theta_f + \beta}{\Theta_i + \beta}}}$$

met :

S : doorsnede in mm^2

I : effectieve waarde van de fase/aarde foutstroom in A

t : duur van de foutstroom in seconden

k : constante bij 20 graden Celsius afhankelijk van de aard van het stroomvoerend materiaal.

De waarden van deze constante overeenstemmend met de meest gebruikte materialen zijn aangeduid in de tabel 98.2.

β : omgekeerde waarde van de temperatuurs-coëfficiënt (α) van de resistiviteit van het materiaal in functie van de temperatuur van het materiaal in graden Celsius zoals aangeduid in tabel 98.2.

Θ_i : begintemperatuur in $^{\circ}\text{C}$ in normale omgevingsomstandigheden.

Θ_f : maximum toegelaten temperatuur in $^{\circ}\text{C}$ na het afvloeien van de foutstroom aangeduid in tabel 98.3.

Voor een duur groter dan 5 seconden wordt de-minimale doorsnede bepaald met behulp van één van de grafieken van de figuren 98.1a en 98.1b. De rechten 1, 2 en 4 hebben betrekking op een eindtemperatuur van 300°C . De rechte 3 heeft betrekking op een eindtemperatuur van 150°C . Wanneer de na te leven eindtemperatuur verschillend is van 300°C dient de correctiefactor, bepaald in tabel 98.4, te worden toegepast op de uit de grafiek van de figuren 98.1a en 98.1b afgelezen stroomsterkte.

De waarden van de figuren 98.1a en 98.1b en van tabel 98.4 gelden niet voor mechanisch belaste geleiders; voor laatstvermelde worden ze bepaald door berekening.

03.2.- Verwezenlijking van de aardverbindingen

03.2.1.- Algemeenheden

Een aardverbinding kan worden verwezenlijkt door een of meerdere horizontale, verticale of schuine aardelektroden aan te brengen in de aardbodem.

De horizontaal aangebrachte aardelektroden bevinden zich op een diepte van minimum 0,6 m onder het aardoppervlak.

Voor wat betreft de verticaal of schuin aangebrachte aardelektroden wordt alleen het nuttig gedeelte in rekening genomen. Ze zijn aangebracht op een onderlinge afstand die minimum gelijk is aan hun lengte.

Wanneer verschillende materialen die galvanische koppels kunnen vormen met elkaar moeten worden verbonden dienen deze materialen op de plaats van hun verbinding(en), te worden beschermd door duurzame middelen tegen het contact met de elektrolyten uit hun omgeving.

De aardverbinding mag met geen enkel in de aarde aangebracht vreemd metalen deel in contact zijn.

03.2.2.- Kenmerken

a. Materiaalkeuze en minimale afmetingen

Uitgezonderd voor de bijzondere gevallen vermeld in b6.1, zijn de aardelektroden vervaardigd uit een materiaal dat vermeld is in de tabel 98.1.

Hun minimale afmetingen, in functie van het materiaal en het type elektrode, voldoen aan de waarden vermeld in dezelfde tabel.

b. Uitvoering

De aardverbinding wordt verwezenlijkt volgens een van de hierna vermelde uitvoeringswijzen of een combinatie ervan :

- b.1) Ofwel een aardingslus met een lengte van minstens 8 m in contact met de grond en in een sleuf geplaatst. Indien de hoogspannings-installatie zich in een gebouw bevindt, wordt de lus onder de buitenwanden van het gebouw geplaatst.

De beide uiteinden van de lus worden aangesloten op een aardingsonderbreker opgesteld op een veilig bereikbare plaats;

- b.2) Ofwel tenminste vier aardingsstaven met een nuttige lengte van minimum 1,5 m, verticaal of schuin naar buiten ingedreven (max. 45° t.o.v. de vertikale) aan de buitenkant van de constructie en regelmatig over de omtrek van deze constructie verdeeld. Deze staven worden onderling verbonden door middel van een aardingslus waarvan beide uiteinden aan-gesloten worden op een aardingsonderbreker, opgesteld op een veilig bereikbare plaats;

- b.3) Ofwel een diepte-aardelektrode, met een ingedreven lengte van minimum 6 m. Deze aardelektrode wordt aangesloten door middel van een aardgeleider op een aardingsonderbreker opgesteld op een veilig bereikbare plaats;

- b.4) Ofwel een horizontale aardelektrode met een nuttige lengte van minstens 8 m. Deze aardelektrode wordt aangesloten door middel van een aardgeleider op een aardings-onderbreker opgesteld op een veilig bereikbare plaats;

- b.5) Ofwel een gemaasd net met een oppervlakte groter dan 200 m² en samengesteld uit ten minste 9 mazen. Deze mazen hebben zijden van maximum 10 m en worden bij voorkeur geplaatst onder de zone ingenomen door de hoogspanningsinstallatie.

Aardingsonderbrekers zijn in dit geval niet vereist, maar de meting van de initiële waarde van de aardingsweerstand moet (zoals voorzien in c.2) mogelijk gemaakt worden vóór de indienstname.

b.6) Bijzonder geval

1. De aardverbinding van de elektrische installaties van de spoorwegen langsheen de spoorlijnen en waarvan de nominale spanning 1100 volt wisselspanning niet overschrijdt, mag samengesteld zijn uit een geheel van onderling elektrisch verbonden stalen palen ingegoten in een betonmassief dat in direct contact is met de aarde voor zover dat :

- het contactoppervlak tussen paal en beton, gelegen minstens 30 cm onder het maaiveld, minstens 5000 cm² bedraagt per paal;
- het aantal palen minstens 30 bedraagt;
- de minimum afstand tussen 2 palen 10 m bedraagt.

2. De aardverbinding van de elektrische installaties, die vallen onder de voorschriften van artikel 88 van onderhavig reglement, mag samengesteld zijn uit heipalen van gewapend beton dat in direct contact is met de aarde, voor zover dat :

- het aantal heipalen minstens 4 bedraagt;
- de nuttige lengte ten minste 10 m bedraagt;
- de afstand tussen deze 4 palen ten minste 6 m bedraagt;

- de diameter van de heipalen ten minste 35 cm bedraagt;
- de bewapening van de verschillende heipalen onderling elektrisch verbonden zijn.

Aardingsonderbrekers zijn in dit geval niet vereist, maar de meting van de initiële waarde van de aardingsweerstand moet (zoals voorzien in c.2) mogelijk gemaakt worden vóór het gieten van de betonplaat.

c. Aardingsweerstand

c.1) Maximale waarde

Behalve in de hieronder vermelde gevallen is de waarde van de aardingsweerstand (R_E) van de aardverbinding kleiner dan of gelijk aan 10Ω .

Wanneer de installatie verbonden is aan een globale aarding is deze limiet 15Ω .

Wanneer de soortelijke weerstand van de grond groter is dan $150 \Omega m$, worden voorvermelde limieten bepaald door de onderstaande formule:

$$15 \frac{\rho_E (\Omega m)}{150 (\Omega m)} \Omega$$

met ρ_E de lokale soortelijke weerstand van de grond op 1 m diepte.

Bijzonder geval:

In het geval b.6.1 van paragraaf 3.2.2 gelden deze waarden niet, nochtans moet de aardingsimpedantie Z_E kleiner zijn dan 1Ω .

c.2) Initiële waarde

De waarde van de aardingsweerstand (R_E) van de aardverbinding wordt gemeten vóór de ingebruikname. Deze wordt de “initiële waarde van de aardingsweerstand” genoemd.

d. Bijzondere gevallen

- d.1) De aardverbinding bestemd voor het aarden van de ongenaakbare metalen delen geplaatst op niet-metalen steunen van hoogspannings-lijnen en die geen toestellen voor spannings-transformatie of geen schakeltoestellen bevatten, wordt uitgevoerd volgens b.2). De eisen gesteld inzake de maximale waarde van de aardingsweerstand, zoals bepaald in c.1), zijn niet van toepassing in dit geval.
- d.2) Het plaatsen van een aardingsonderbreker is niet vereist bij de aarding van steunen van HS-lijnen op dewelke geen toestellen voor spanningstransformatie of geen schakel-toestellen zijn geplaatst.

03.2.3.- Globale aarding

a. Algemeen principe

De globale aarding maakt het mogelijk de potentiaal-stijgingen van de lokale aarding te beperken door een betere spreiding van de aardfoutstroom.

De globale aarding wordt bekomen door :

- hetzij een voldoende lengte aan kabels met aardingseffect;
- hetzij een voldoende aantal via bescher-mingsgeleiders met elkaar verbonden lokale hoogspanningsaardingsinstallaties;
- hetzij een combinatie van beide voorvermelde mogelijkheden.

b. Voorwaarden waaraan een globale aarding moet voldoen

Een globale aarding moet voldoen aan een van de voorwaarden b.1) of b.2) of b.3), hierna vermeld :

- b.1) - de lokale HS-aardingsinstallaties worden verbonden met de kabels met aardingseffect;
 - de som van de lengten van deze kabels bedraagt ten minste 1 km, de gemeenschap-pelijke trajecten tellen slechts éénmaal;

- b.2) ten minste 20 lokale HS-aardingsinstallaties zijn gekoppeld;

- b.3) combinatie van de voorwaarden b.1) en b.2) waarbij aangenomen wordt dat één lokale aardingsinstallatie gelijkwaardig is aan 50 m kabel met aardingseffect.

De kabels met aardingseffect moeten niet noodzakelijk een doorlopend geheel vormen maar mogen onderling worden verbonden door de beschermingsgeleiders van andere kabeltypes of van bovengrondse lijnen. De gemiddelde lengte (L) van deze beschermingsgeleiders die dienen om de lokale aardingsinstallaties en/of stukken kabel met aardingseffect onderling te verbinden moeten beantwoorden aan de volgende formule :

$$L \leq 500 \frac{S_m}{16mm^2} \quad (m)$$

S_m = gewogen gemiddelde van de doorsnede volgens de lengte van de beschermingsgeleiders van de verbindingskabels en uitgedrukt in mm^2 doorsnede gelijkwaardig koper.

Indien de onderlinge koppeling verscheidene kabels in parallel omvat, zal daarmee rekening worden gehouden bij de berekening van S_m .

De elektrische continuïteit van de metalen delen van de mantels en van de beschermingsgeleiders wordt verzekerd ter hoogte van de verbindingen, van de schakelposten, van de omvormposten en van de steunen.

c. Gebruik van de globale aarding van het distributienet

Op aanvraag van de uitbater van een hoogspanningsinstallatie die geen deel uitmaakt van het openbaar hoogspanningsverdeelnet, zal de uitbater van het openbaar hoogspanningsverdeelnet van dit net schriftelijk bevestigen dat de betrokken installatie al dan niet zal geïntegreerd worden in een net met globale aarding.

03.3.- Controle van de aardingsinstallaties

03.3.1.- Algemeenheden

De controle van de aardingsinstallaties beoogt het nazicht van :

- de integriteit van de lokale aardingsinstallatie;
- de continuïteit van de aarding.

De controle gebeurt door het meten van één of meerdere van de volgende grootheden :

- de aardingsweerstand R_E
- de lusimpedantie Z_{EB}
- de aardingsimpedantie Z_E

Opmerkingen :

1. De lusimpedantie Z_{EB} van een aardverbinding is een raming van de aardingsweerstand R_E van de aardverbinding in de mate dat de impedantie van het geheel van de andere aardverbindingen van het net, gezien vanaf het meetpunt, een waarde vertoont die veel kleiner is.
 De meting van de lusimpedantie is ook een test van de lokale continuïteit van de verbindingen tussen aarding.

2. De aardingsimpedantie Z_E van de installatie is de hoofdparameter die de actieve bescherming tegen elektrische schokken waarborgt. Ze kan gemeten worden met dezelfde methode als degene die gebruikt werd om de initiële waarde van R_E te meten.
3. Al de impedantiewaarden worden uitgedrukt als modulus.

03.3.2.- Gelijkvormigheidscontrole vóór de indienststelling

De controle gebeurt door het meten van de aardingsweerstand R_E .

De meting van R_E is niet van toepassing in het geval van niet-metalen steunen van hoogspanningslijnen waarop geen toestellen voor spanningstransformatie of geen schakeltoestellen geïnstalleerd zijn.

03.3.3.- Periodieke controle

Bij de eerste periodieke controle wordt de aardingsimpedantie Z_E gemeten. Het resultaat van de meting voldoet als Z_E lager blijft dan de toegelaten maximale waarde van R_E .

Indien de waarde van Z_E kleiner is dan 1Ω en voor zover er een verbinding bestaat met andere aardingsinstallaties, dan dient tijdens de volgende controlebezoeken een controlemeting van de lusimpedantie Z_{EB} te gebeuren. Deze meting mag worden uitgevoerd met een al of niet losgekoppelde aardgeleider.

De waarde Z_{EB} moet groter zijn dan Z_E en kleiner dan de grootste van de twee limieten :

- initiële waarde van $R_E + 1 \Omega$
- of
- initiële waarde van $R_E + 50 \%$.

In geval van overschrijding dient R_E opnieuw te worden gemeten en de continuïteit van de aardingsinstallatie nagegaan te worden door het meten van Z_{EB} .

Indien de waarde van Z_E groter is dan of gelijk is aan 1Ω dan dient R_E gemeten te worden. Tijdens de volgende controlebezoeken wordt de procedure hernomen.

De meting van R_E en van Z_{EB} is niet van toepassing in het geval van steunen van luchtlijnen. Alleen Z_E wordt gemeten tijdens de periodieke controles.

De meting van R_E , Z_{EB} , Z_E is niet van toepassing in het geval van niet-metalen steunen van hoogspanningslijnen waarop geen toestellen voor spanningstransformatie of geen schakeltoestellen geïnstalleerd zijn.

04.- Passieve bescherming tegen elektrische schokken bij onrechtstreekse aanraking bij hoogspanning

04.1.- Algemeenheden

Passieve maatregelen zijn maatregelen die niet steunen op de onderbreking van de voeding en zijn beperkt tot alleenstaande elektrische machines en toestellen of lokale elektrische uitrustingen, met als doel de gelijktijdige aanraking onmogelijk te maken van delen waartussen, bij een fout in de hoogspanningsinstallatie, de contactspanning een gevaarlijke waarde kan bereiken.

Deze bescherming bestaat uit het nemen van volgende maatregelen, hetzij afzonderlijk, hetzij in combinatie :

- 1) het omhullen van de massa's van de installaties op lage en zeer lage spanning alsmede van de vreemde geleidende delen;

- 2) het isoleren van de massa's van de installaties op lage en zeer lage spanning alsmede van de vreemde geleidende delen;
- 3) het verwijderen van de massa's van de installaties op lage en zeer lage spanning alsmede van de vreemde geleidende delen;
- 4) het afschermen van de massa's van de installaties op lage en zeer lage spanning alsmede van de vreemde geleidende delen;
- 5) het verwezenlijken van een geaarde potentiaalvereffeningszone.

Onverminderd de hiervoor vermelde beschermings-maatregelen moeten de massa's van het hoogspanningsmaterieel plaatselijk geaard zijn.

04.2.- Omhulling van de massa's van installaties op lage en zeer lage spanning alsmede van de vreemde geleidende delen t.o.v. de hoogspanningsmassa's

De omhulling van de massa's, alsmede van de vreemde geleidende delen, wordt als doeltreffend beschouwd indien binnen het genaakbaarheidsgabarit :

- 1) de omhulling van de massa's en vreemde geleidende delen derwijze is uitgevoerd dat het doorslagniveau beantwoordt aan de te verwachten contactspanning die maximaal $U_E/2$ bedraagt;
- 2) de omhulling degelijk bevestigd is en weerstaat aan de invloeden waaraan zij kan worden blootgesteld.

04.3.- Isolatie van de massa's van installaties op lage en zeer lage spanning alsmede van de vreemde geleidende delen t.o.v. de hoogspanningsmassa's of vice-versa

De isolatie van de massa's, alsmede van vreemde geleidende delen, wordt als doeltreffend beschouwd indien binnen het genaakbaarheidsgabarit :

- 1) het isoleren van de massa's, alsmede van vreemde geleidende delen of het geïsoleerd opstellen van vreemde geleidende delen, derwijze uitgevoerd is dat het isolatieniveau beantwoordt aan de te verwachten contactspanning die maximaal $U_E/2$ bedraagt;
- 2) de gebruikte isolatiemiddelen degelijk bevestigd zijn en weerstaan aan de krachten waaraan zij kunnen worden blootgesteld.

04.4.- Verwijdering van de massa's van installaties op lage en zeer lage spanning alsmede van de vreemde geleidende delen t.o.v. de hoogspanningsmassa's

De verwijdering van de massa's van installaties op lage en zeer lage spanning alsmede de vreemde geleidende delen t.o.v. hoogspanningsmassa's wordt beschouwd als doeltreffend wanneer het onmogelijk is voor personen om onder normale bedrijfs-omstandigheden gelijktijdig in aanraking te kunnen komen met een hoogspanningsmassa enerzijds en een massa van een installatie op een andere spanning en/of een vreemd geleidend deel anderzijds.

Deze verwijdering wordt als voldoende beschouwd wanneer de verticale en de horizontale afstand ten minste 2,5 m bedraagt.

In de ruimten van de elektrische dienst mag de horizontale afstand herleid worden tot 1,25 m.

04.5.- Afscherming van de massa's van installaties op lage en zeer lage spanning alsmede van de vreemde geleidende delen t.o.v. de hoogspanningsmassa's d.m.v. hindernissen

De hindernissen gebruikt als afscherming van de massa's van installaties op lage en zeer lage spanning alsmede de vreemde geleidende delen t.o.v. hoogspanningsmassa's worden als doeltreffend

beschouwd indien binnen het genaakbaarheids-gabarit :

- 1) de te overbruggen afstand tussen de hoogspanningsmassa's enerzijds en de massa's van installaties op lage en zeer lage spanning alsmede van de vreemde geleidende delen anderzijds ten minste 2,5 m bedraagt
- en
- 2) de hoogte van de bovenkant van de hindernis ten minste 1,25 m bedraagt.

In de ruimten van de elektriciteitsdienst mag de te overbruggen horizontale afstand herleid worden tot 1,25 m.

De hindernissen moeten zijn opgebouwd uit niet geleidend materiaal, degelijk zijn bevestigd en weerstaan aan de krachten waaraan zij kunnen worden blootgesteld.

04.6.- Verwezenlijking van een geaarde potentiaalvereffeningszone

Alle massa's en de hiermee gelijktijdig genaakbare vreemde geleidende delen moeten galvanisch met een lokale aardingsinstallatie verbonden zijn, zodat bij een fout in de hoogspanningsinstallatie, het ontstaan van potentiaalverschillen groter dan deze bepaald door de veiligheidscurve hernomen in figuur 98.2, uitgesloten is. Geleidende delen die geen aanleiding kunnen geven tot een gevaarlijk potentiaalverschil moeten niet geaard worden (ingemetste metalen deur of metalen verluchtingsroosters, ...)

Hiertoe dienen de volgende maatregelen te worden getroffen :

- 1) het verwezenlijken van een geaarde potentiaalvereffeningszone d.m.v. een onder de installatie aangebracht gemaasd net.

Dit gemaasd net waarvan de afmetingen tenminste dezelfde zijn als deze van de installatie, is gevormd door :

- hetzij de bewapening van de funderings-plaat, op voorwaarde dat de bewapenings-matten ten minste op twee plaatsen met de naburige matten zijn verbonden en het geheel door middel van ten minste twee eventueel loskoppelbare verbindingen met de lokale aardingsinstallatie is verbonden;
- hetzij een metalen traliewerk waarvan de afmetingen van de mazen maximaal 10 m bedragen.

- 2) het beheersen van de potentiaalgradiënt aan de rand van de zone. Dit kan ondermeer gebeuren door het ingraven van één of meerdere aardingslussen omheen de rand van de zone. Deze aardingslussen mogen aangevuld worden met aardingsstaven onder een hoek in de grond gedreven. Indien de beheersing van de potentiaalgradiënt niet kan gewaarborgd worden dienen bijkomende passieve maatregelen genomen te worden zoals bijvoorbeeld een niet-geleidende bodembedekking of het plaatsen van geïsoleerde omheiningen.

05.- Actieve bescherming tegen elektrische schokken bij onrechtstreekse aanraking bij hoogspanning met automatische onderbreking van de voeding

05.1.- Algemeenheden

Deze beschermingsmaatregel heeft tot doel om bij een fout in de hoogspanningsinstallatie, door het onderbreken van de voeding, de tijdsduur van gevaarlijke contactspanningen te beperken.

De toepassing van deze maatregel vergt :

- 1) het lokaal aarden van de hoogspanningsmassa's.
- 2) het aanwenden van stroomonderbrekings-toestellen met een werkingskarakteristiek zodanig dat er geen gevaarlijke potentiaalverschillen optreden rekening houdend met de waarde van de impedanties van de foutlussen en met de kenmerken van het netstelsel.

Aan deze vereiste wordt geacht te zijn voldaan wanneer één van de hierna vermelde voorwaarden vervuld is:

- a) voor de installaties van transport en distributie van elektriciteit en voor de installaties die uitsluitend toegankelijk zijn voor BA4 of BA5 personen, de hoogspanningsmassa's zijn aangesloten op een globale aarding en de duur van de fout beperkt is tot 5 seconden

of

- b) de aardpotentiaalstijging U_E (berekend of gemeten) blijft beperkt tot de toelaatbare contactspanning U_{Tp} .

$$U_E \leq U_{Tp}$$

Wanneer de hoogspanningsmassa's zich in de onmiddellijke nabijheid (horizontale afstand < 5 m) van hun aardverbinding bevinden, mag de aardpotentiaalstijging maximaal tweemaal de toelaatbare contactspanning bedragen.

Voor de bepaling van de aardpotentiaalstijging en de contactspanning van een installatie mogen alle aardverbindingen die deel uitmaken van de aardingsinstallatie in rekening worden gebracht.

De spanning U_E kan benaderend bepaald worden door de formule $U_E < I_f \cdot Z_E$

waarin :

I_f : te verwachten foutstroom fase-aarde (A) op de plaats van de installatie

Z_E : aardingsimpedantie (Ω)

Bij het bepalen van de toelaatbare contactspanning mogen toegevoegde weerstanden (schoeisel of bodemoppervlak met hoge elektrische doorgangs-weerstand) in aanmerking genomen worden.

In dit geval wordt de toelaatbare contactspanning gedefinieerd door de volgende formule :

$$U_{STp} = U_{Tp} + (R_{a1} + R_{a2}) \times I_B$$

met
$$I_B = \frac{U_{Tp}}{Z_B}$$

waarin :

U_{STp} : toelaatbare contactspanning (V) tussen handen en aarde rekening houdend met de weerstand van het schoeisel en de aardbodembedekking

Z_B : impedantie van het menselijk lichaam (Ω)

I_B : lichaamsstroomsterkte (A)

R_{a1} : weerstand van het schoeisel (Ω)

R_{a2} : oppervlakteweerstand van de bodem (Ω)

05.2.- Kenmerken van het netstelsel

Bedoelde beschermingsinrichtingen vereisen de coördinatie tussen :

- 1) de kenmerken van het netstelsel

en

- 2) de werkingskarakteristieken van de onder-brekinsinrichtingen.

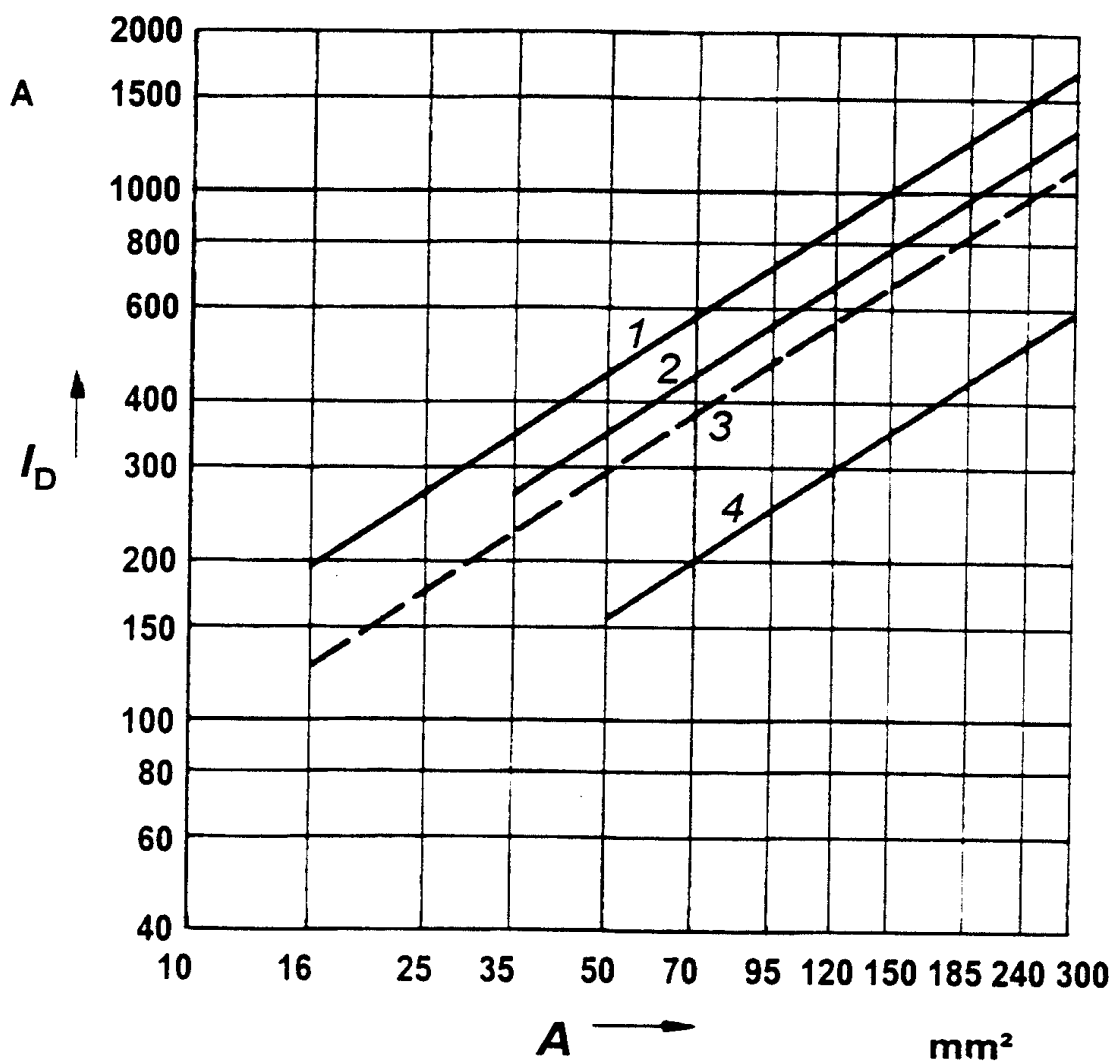
De uitbater van het hoogspanningsnet bepaalt het type-schema van zijn netstelsel. Op aanvraag van de

installateur verleent de uitbater van het hoogspanningsnet hem de kenmerken van het netstelsel.

06.- Toepassing van de beschermingsmaatregelen tegen elektrische schokken bij onrechtstreekse aanraking bij hoogspanning

Wanneer er niet aan de in punt 5 gemelde voorwaarden wordt voldaan dienen bijkomende passieve beschermingsmaatregelen te worden toegepast.

Wanneer gepaste maatregelen zijn getroffen om de beveiliging tegen de contactspanningen te verzekeren, wordt geacht dat de beveiliging tegen de stapspanningen ook is verzekerd.

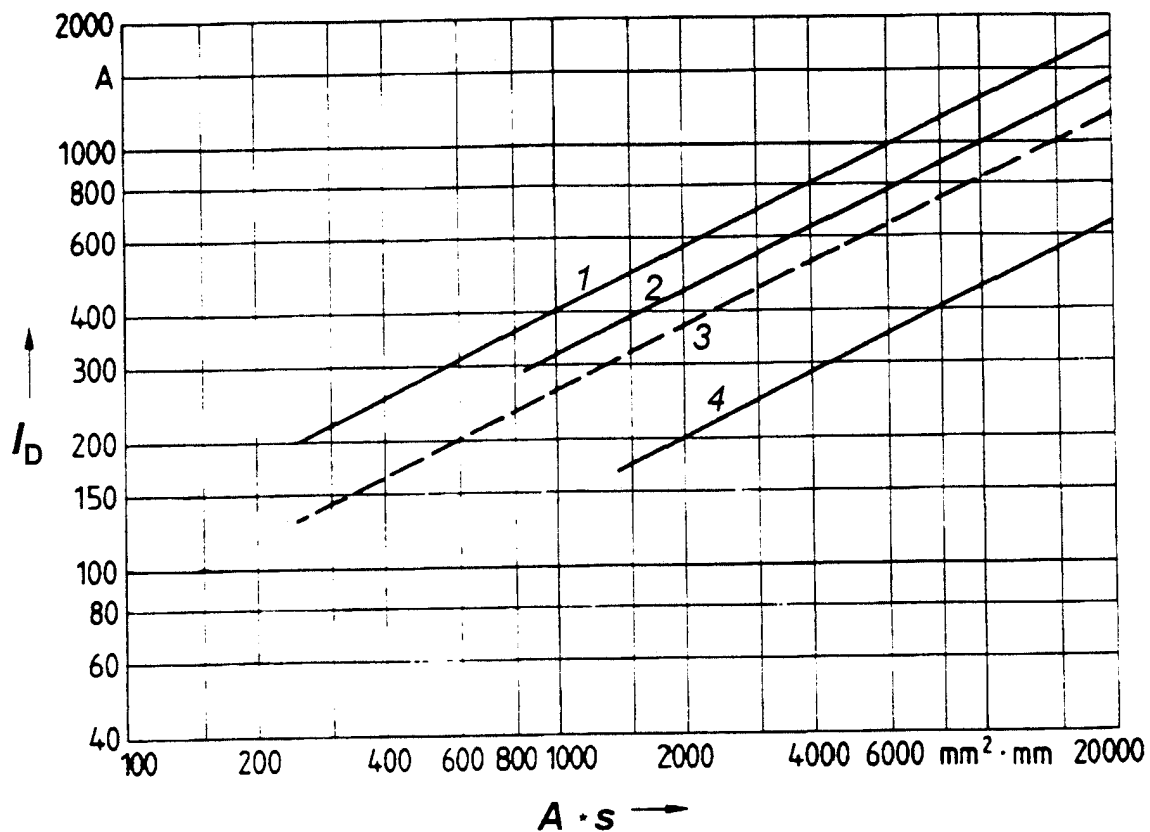


Figuur 98.1a

Stroom I_D voor de aardgeleiders met ronde doorsnede in functie van hun doorsnede (A in mm^2)

De rechten 1, 2 en 4 zijn van toepassing bij een eindtemperatuur van 300 °C; de rechte 3 voor een eindtemperatuur van 150 °C.

- Rechte 1 : koper, blank of met zinkbedekking
 Rechte 2 : aluminium
 Rechte 3 : koper, vertind of met loden mantel
 Rechte 4 : gegalvaniseerd staal

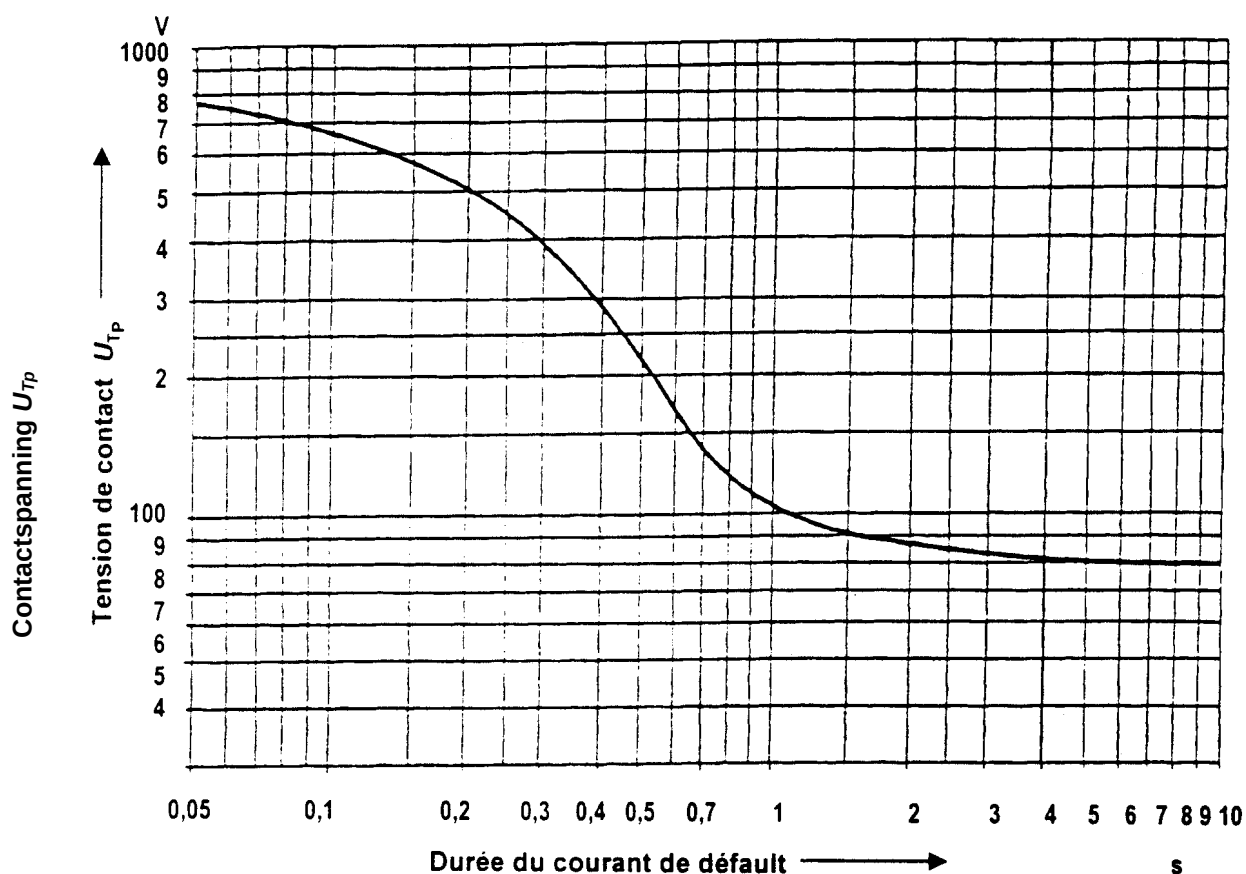


Figuur 98.1b

Stroom I_D voor de aardgeleiders met rechthoekige doorsnede in functie van het product van de doorsnede en de omtrek ($A \times s$)

De rechte 1, 2 en 4 zijn van toepassing bij een eindtemperatuur van 300 °C; de rechte 3 voor een eindtemperatuur van 150 °C.

- Rechte 1 : koper, blank of met zinkbedekking
 Rechte 2 : aluminium
 Rechte 3 : koper, vertind of met loden mantel
 Rechte 4 : gegalvaniseerd staal



Figuur 98.2

Toelaatbare contactspanning U_{Tp} in functie van de foutstroomduur

Nota 1 : deze curve betreft aardingsfouten in hoogspanningsinstallaties

Nota 2 : indien de stroomdoorgangstijd groter is dan 10 s kan een waarde van 75 V worden gebruikt voor U_{Tp}

TABEL 98.1

Minimum afmetingen van de aardelektroden in functie van de gebruikte materialen m.b.t. hun weerstand tegen de mechanische en corrosieve invloeden.

Materiaal	Type Aardelektrode	Minimale afmetingen				
		Kern			Bedekking/Mantel	
		Diameter [mm]	Door- snede [mm ²]	Dikte [mm]	Individu- ele waarde [μm]	Gemiddel- de waarde in [μm]
Staal						
Thermisch gegalvaniseerd	Banden (2)		90	3	63	70
	Profielvormig		90	3	63	70
	Buizen	25		2	47	55
	Ronde staven	16			63	70
	Ronde draden	10				50
Met loden mantel	Ronde draden	8			1000	
Met geëxtrudeerde koperen mantel	Ronde staven	15			2000	
Met elektrolytisch aangebrachte mantel	Ronde staven	14,2			90	100
Koper						
Blank	Banden (2)		50	2		
	Ronde draden		25			
	Getwijnde kabels	1,8(1)	25			
	Buizen	20		2		
Vertind	Getwijnde kabels	1,8(1)	25		1	5
Gegalvaniseerd	Banden		50	2	20	40
Met loden mantel	Getwijnde kabels	1,8 (1)	25		1000	
	Ronde draden		25		2000	

(1) Waarde voor iedere draad

(2) Banden, gelamineerd of uitgesneden, met afgeronde hoeken

TABEL 98.2

Matériaux Materiaal	β [°C]	k [$A\sqrt{s} / mm^2$]
Cuivre Koper	234,5	226
Aluminium Aluminium	228	148
Acier Staal	202	78
Alliage d'aluminium Aluminium legering	258	149

TABEL 98.3

Materiaal		Aanvangstemperatuur Θ [°C]	Eindtemperatuur Θ_f [°C]
Mechanisch niet belaste draden	Blank koper	20	300
	Blank gegalvaniseerd koper	20	300
	Blank aluminium	20	300
	Blank gegalvaniseerd staal	20	300
Luchtlijnen	Blank koper	20	170
	Aluminium legering	20	170
	Aluminium – Staal	20	150
	Aluminium legering – Staal	20	150
Blank vertind koper		20	150
Koper met een loden mantel		20	150
<u>Voormelde materialen met een mantel uit :</u>			
Polyvinylchloride (PVC)		20	160
Rubber		20	220
Vernet Polyethyleen (VPE)		20	250
Ethyleen – Propyleen Rubber (EPR)		20	250
Silikone Rubber (SIR)		20	350

TABEL 98.4

Température finale θ_f [°C] Eindtemperatuur θ_f [°C]	Facteur de correction Correctiefactor
400	1,2
350	1,1
300	1
250	0,9
200	0,8
150	0,7
100	0,6

ART. 99 HET VOORKOMEN VAN ELEKTRISCHE SCHOKKEN BIJ ONRECHT-STREEKSE AANRAKING TEN GEVOLGE VAN POTENTIALVERSPREIDING

01.- Algemeenheden

Maatregelen moeten genomen worden om te vermijden dat, ten gevolge van een isolatiefout in een hoogspanningsinstallatie, de potentiaalverspreiding via actieve geleiders, via de aardingsinstallatie of via aan de installatie verbonden vreemde geleidende delen, aanleiding tot gevaarlijke contactspanningen zou kunnen geven.

Zo moet de continuïteit van de vreemde geleidende delen die overgaan tussen de spreidingszone van de hoogspanningsaardverbinding en een zone van neutrale aardbodempotentiaal onderbroken worden door een aangepast isolatiemateriaal.

02.- Te treffen maatregelen

02.1.- Algemene maatregelen

De aarding van het nulpunt van een laagspanningsinstallatie, de aan de installatie vreemde geleidende delen, de aardverbindingen van de laag- of zeer lage spanningsinstallatie worden aangebracht buiten de spreidingszone van de hoogspanningsaardverbinding.

02.2.- Uitzonderingen op de algemene maatregelen

02.2.1.- De massa's van de laagspanningstoestellen van een installatie van het TT of IT schema die zich in eenzelfde lokaal als de hoogspanningsinstallatie bevinden mogen worden aangesloten aan de hoogspanningsaarding op voorwaarde dat voldaan wordt aan de voorschriften van tabel 99.1 of dat het hoogspanningsnet deel uitmaakt van een globale aarding.

02.2.2.- De massa's van het LS materieel alsook de vreemd geleidende delen, die zich in hetzelfde gebouw als de HS massa's bevinden mogen met de HS aardverbinding verbonden zijn voor zover er een doeltreffende equipotentiaalverbinding verwezenlijkt is.

In het geval van een globale aarding zijn de doorsneden van equipotentiaalgeleiders deze vermeld in art.73.

02.2.3.- Het nulpunt van een laagspanningsinstallatie mag worden aangesloten aan een aardingsinstallatie van een hoogspanningsinstallatie op voorwaarde dat :

- in een **TN laagspanningsnetschema**, er geen risico van gevaarlijke contactspanning kan ontstaan ten gevolge van potentiaalverspreiding via de nulgeleider en de beschermingsgeleider buiten de potentiaalvereffeningszone;
- in een **TT laagspanningsnetschema** er geen risico kan ontstaan van overschrijding van de houdspanning van de isolatie van het laagspanningsmaterieel.

Aan deze eisen wordt verondersteld voldaan te zijn wanneer :

- hetzij het laagspanningsnet van het TN type is en de LS massa's alsook de vreemd geleidende delen, die zich in eenzelfde gebouw bevinden, onderling met elkaar verbonden zijn door een doeltreffende equipotentiaalverbinding;
- hetzij het laagspanningsnet van het TN type is en de aardpotentiaalstijging U_E van de LS massa's en vreemde geleidende delen de aangeduide waarden in tabel 99.1 niet overtreft, waarbij de toegelaten contactspanning U_{Tp} gelijk genomen is aan de conventionele relatieve grensspanning $U_L(t)$ van artikel 31. De spanning U_E kan benaderend bepaald worden door de formule $U_E < I_f \cdot Z_E$, wetende dat Z_E gemeten is bij het tijdelijk doorverbinden van de laag- en hoogspanningsaarding;
- het laagspanningsnet van het TT type is en het hoogspanningsnet geniet van een globale aarding.

02.3.- Bijzondere maatregelen

Wanneer, binnen de spreidingszone van een HS aardingsinstallatie, het niet mogelijk is gevaarlijke contactspanningen te voorkomen, ten gevolge van een potentiaalverspreiding, moeten de massa's van de laag- of zeer lage spanningsinstallatie en/of de vreemd geleidende delen die zich in die spreidingszone bevinden en die galvanisch verbonden zijn met de neutrale aarde, ongenaakbaar gemaakt worden.

Deze ongenaakbaarheid kan worden verwezenlijkt door :

- hetzij een afscherming;
- hetzij een isolerende bedekking;
- hetzij de verwijdering buiten het ongenaakbaarheidsgebied van de onderhouds- en de dienstplaatsen.

TABEL 99.1

Netstelsel van de laagspanningsinstallatie	Foutduur	De aarding van de laag- en hoogspanningsinstallatie is gemeenschappelijk	
		Voorschriften i.v.m. de maximale aardpotentialstijging	
		(Voor wat betreft de overgebrachte contactspanning)	(Voor wat betreft de houdspanning van de isolatie van het laagspanningsmaterieel)
TT	$t \leq 5 \text{ s}$	Niet van toepassing	$U_E \leq 1200V$
	$t > 5 \text{ s}$		$U_E \leq 250V$
TN		$U_E \leq U_{Tp} (1)$ $U_E \leq 2.U_{Tp}(2)$	Niet van toepassing

- (1) De PE(N) geleider van de laagspanningsinstallatie is enkel geaard door een verbinding met de aardingsinstallatie van het hoogspanningsmaterieel.
- (2) De PE(N) geleider van de laagspanningsinstallatie is geaard op verschillende punten, zo regelmatig mogelijk verdeeld, om de potentiaal van de beschermingsgeleider, in geval van fout, zo dicht mogelijk bij dit van de aarde te houden."

Art. 3.- Dit besluit is van toepassing op elektrische installaties en belangrijke wijzigingen en uitbreidingen waarvan de uitvoering ter plaatse nog niet is aangevangen drie maand na de publicatiedatum van dit besluit.

Art. 4.- Onze Minister van Werk, Onze Minister van Energie en Onze Staatssecretaris voor Arbeidsorganisatie en Welzijn op het werk zijn, ieder wat hem betreft, belast met de uitvoering van dit besluit.

Gegeven te

Van Koningswege :

De Minister van Werk,

F. VANDENBROUCKE.

De Minister van Energie,

F. MOERMAN.

De Staatssecretaris voor Arbeidsorganisatie en Welzijn op het werk,

A. TEMSAMANI.