

WETTEN, DECRETEN, ORDONNANTIES EN VERORDENINGEN LOIS, DECRETS, ORDONNANCES ET REGLEMENTS

FEDERALE OVERHEIDSDIENST ECONOMIE, K.M.O., MIDDEN-
STAND EN ENERGIE EN FEDERALE OVERHEIDSDIENST
WERKGELEGENHEID, ARBEID EN SOCIAAL OVERLEG

N. 2004 — 562

[C — 2004/11009]

28 JANUARI 2004. — 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 Arbeidsbescherming, 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 bij 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;

SERVICE PUBLIC FEDERAL ECONOMIE, P.M.E., CLASSES MOYEN-
NES ET ENERGIE ET SERVICE PUBLIC FEDERAL EMPLOI,
TRAVAIL ET CONCERTATION SOCIALE

F. 2004 — 562

[C — 2004/11009]

28 JANVIER 2004. — Arrêté royal modifiant les articles 98 et 99 du Règlement général sur les Installations électriques

ALBERT II, Roi des Belges,
A tous, présents et à venir, Salut.

Vu la loi du 10 mars 1925 sur les distributions d'énergie électrique, notamment l'article 21, 1°;

Vu la loi du 4 août 1996 relative au bien-être des travailleurs lors de l'exécution de leur travail, notamment l'article 4, 1°;

Vu l'arrêté royal du 10 mars 1981 rendant obligatoire le Règlement général sur les Installations électriques pour les installations domestiques et certaines lignes de transport et de distribution d'énergie électrique et l'arrêté royal du 2 septembre 1981 modifiant le Règlement général sur les Installations électriques et le rendant obligatoire dans les établissements classés comme dangereux, insalubres ou incommodes ainsi que dans ceux visés à l'article 28 du Règlement général pour la Protection du Travail, modifié par les arrêtés royaux des 29 mai 1985, 7 avril 1986 et 30 mars 1993;

Vu le Règlement général sur les Installations électriques annexé à l'arrêté royal du 10 mars 1981, notamment les articles 98 et 99;

Vu l'avis du Comité permanent de l'Electricité, donné le 13 février 2003;

Vu l'avis du Conseil supérieur pour la Prévention et la Protection au travail, donné le 27 juin 2003;

Vu l'accomplissement des formalités prescrites par la Directive 98-34-CE du Parlement européen et du Conseil prévoyant une procédure d'information dans le domaine des normes et réglementations techniques;

Vu les lois sur le Conseil d'Etat, coordonnées le 12 janvier 1973, notamment l'article 3, § 1^{er}, remplacé par la loi du 4 juillet 1989 et modifié par la loi du 4 août 1996;

Vu l'urgence;

Considérant que les prescriptions reprises au présent arrêté constituent des amendements et compléments à la réglementation en ce qui concerne la prévention des chocs électriques par contacts indirects en haute tension, qu'il y a lieu de rendre obligatoires sans délai en vue d'assurer la sécurité;

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 vervangen als volgt :

« 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 aardpotentiaalstijging 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.

Sur la proposition de Notre Ministre de l'Emploi, de Notre Ministre de l'Energie et de Notre Secrétaire d'Etat à l'Organisation du Travail et au Bien-être au travail,

Nous avons arrêté et arrêtons :

Article 1^{er}. Pour l'application du présent arrêté, il faut entendre par "Règlement", le Règlement général sur les Installations électriques, faisant l'objet de l'arrêté royal du 10 mars 1981 rendant obligatoire le Règlement général sur les Installations électriques pour les installations domestiques et certaines lignes de transport et de distribution d'énergie électrique et de l'arrêté royal du 2 septembre 1981 modifiant le Règlement général sur les Installations électriques et le rendant obligatoire dans les établissements classés comme dangereux, insalubres ou incommodes ainsi que dans ceux visés à l'article 28 du Règlement général pour la Protection du Travail, modifié par les arrêtés royaux des 29 mai 1985, 7 avril 1986 et 30 mars 1993.

Art. 2. Les articles 98 et 99 du Règlement sont remplacés par les dispositions suivantes :

« Art. 98. LA PREVENTION DES CHOCS ELECTRIQUES PAR CONTACTS INDIRECTS EN HAUTE TENSION

01. Définitions

01.1. Termes relatifs à la protection contre les chocs électriques en haute tension

Tension de contact par rapport à la terre « U_T » : partie de l'élévation du potentiel de terre U_E qui peut être appliquée à une personne, le courant traversant le corps humain entre les mains et les pieds (distance horizontale de 1 m entre les pieds et la masse touchée).

Tension de contact admissible « U_{Tp} » : valeur limite admissible de la tension de contact en fonction de la durée du courant de défaut.

Ces limites sont définies par la courbe de sécurité de la figure 98.2 pour les installations de transport et de distribution d'électricité ou pour les installations accessibles uniquement à des personnes BA4 ou BA5.

Elles sont définies par les courbes de sécurité de l'article 31-03 pour tous les autres cas.

Tension de pas « U_S » : partie de l'élévation du potentiel de terre U_E qui peut être appliquée à une personne ayant une longueur de pas de 1 m, lorsque le courant traverse le corps humain de pied à pied.

Différences de potentiel dangereuses : les différences de potentiel dangereuses sont celles qui peuvent provoquer des tensions de contact dépassant la valeur admissible U_{Tp} .

01.2. Termes relatifs aux mises à la terre en haute tension

Installation de mise à la terre locale : ensemble d'étendue limitée, comportant une ou plusieurs prises de terre interconnectées, les conducteurs de terre correspondants et les conducteurs de protection.

Mise à la terre globale : mise à la terre obtenue au moyen d'un ensemble d'installation de mises à la terre locales connectées entre elles par une liaison galvanique, comprenant éventuellement les câbles avec effet de terre.

Câble avec effet de terre : conducteur nu ou partie métallique de la gaine d'un câble, qui par son contact avec la terre, se comporte comme une prise de terre.

Élévation du potentiel de terre « U_E » : tension présente entre une installation de mise à la terre et la terre neutre (de référence) par suite d'un courant de défaut à la terre.

Aardbodemsparing "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.

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

Aardingsweerstand "R_E" (aardverspreidingsweerstand 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.

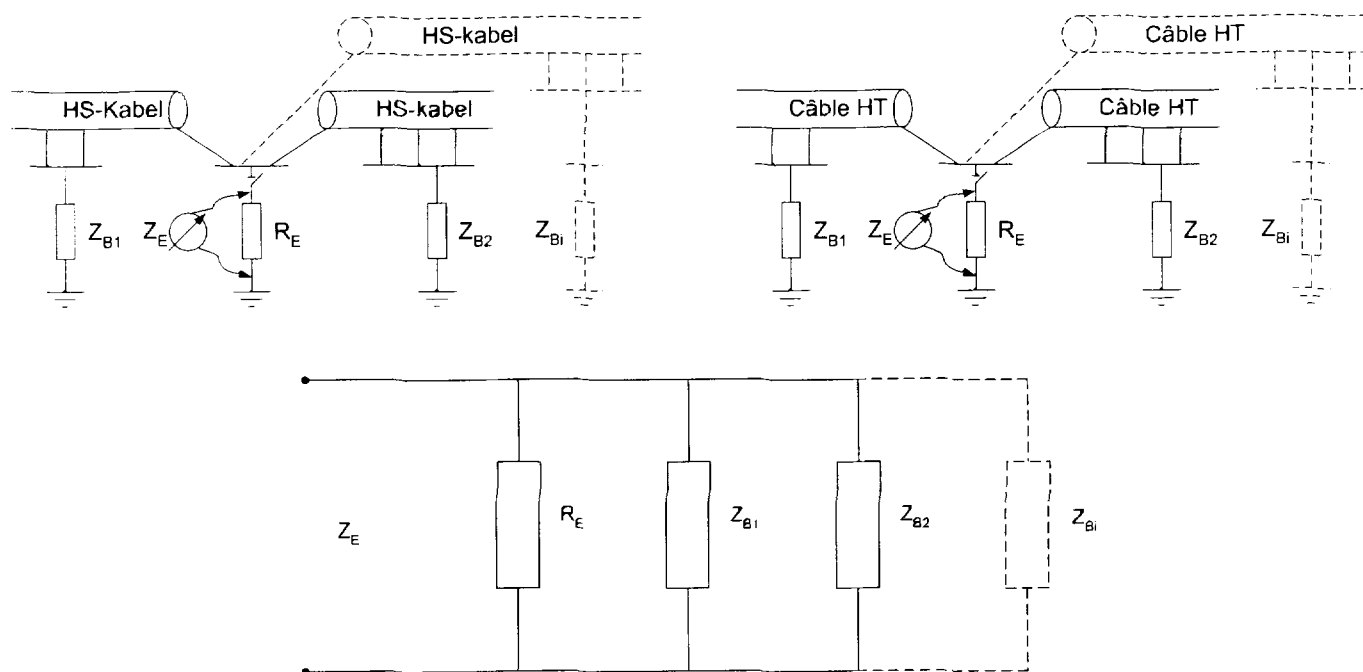
Potentiel de surface de la terre "U_φ" : tension entre un point du sol et la terre neutre (de référence) qui résulte d'un courant de défaut.

Zone neutre ou terre neutre (de référence) : partie de la terre située en dehors de la zone d'influence d'une prise de terre et dans laquelle, entre deux points quelconques, ne peut apparaître une différence de potentiel perceptible par suite d'un courant de défaut à la terre.

Zone de dispersion (d'une prise de terre) : zone entourant la prise de terre et située en dehors de la zone neutre.

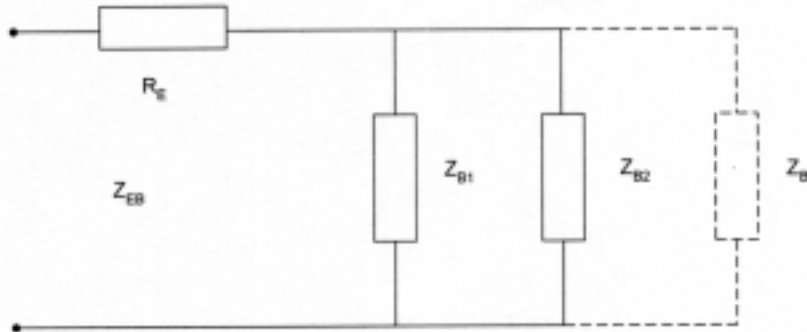
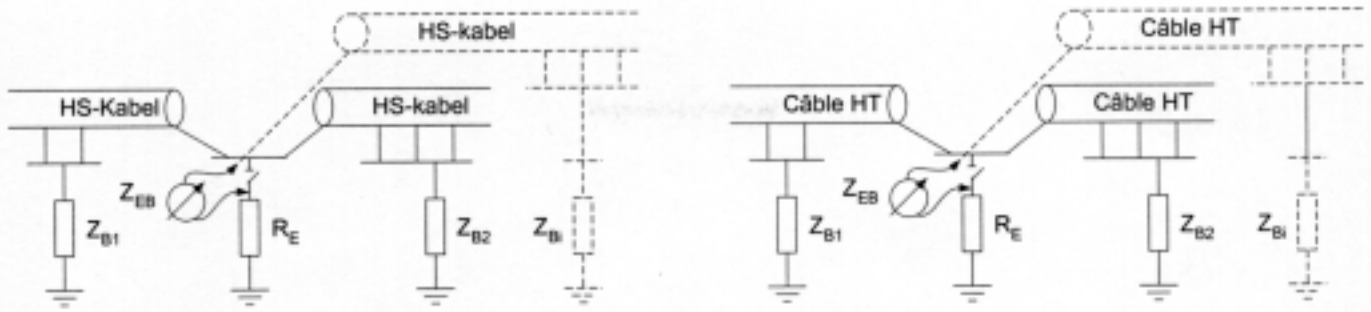
Résistance de terre "R_E" (résistance de dispersion d'une prise de terre) : résistance entre la prise de terre et la terre de référence.

Impédance de terre "Z_E" : impédance entre l'installation de mise à la terre, éventuellement interconnectée avec d'autres installations de mise à la terre, et la terre de référence.

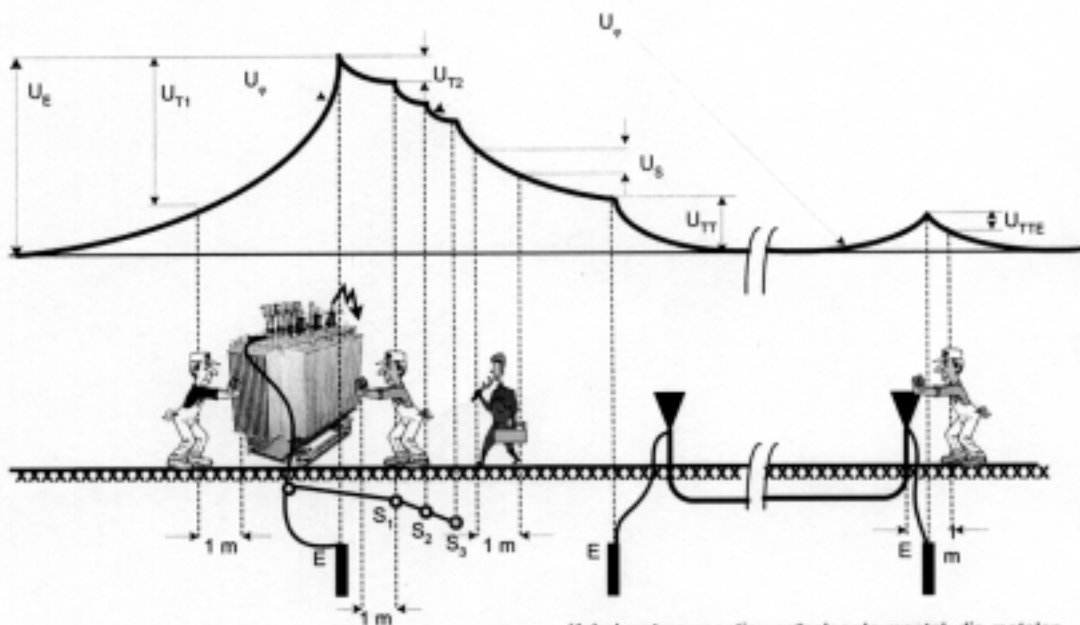


Lusimpedantie van een aardverbinding "Z_{EB}" : impedantie van de kring gevormd door de weerstand "R_E" van de aardverbinding in serie met de impedantie "Z_B" van alle andere terugwegen naar de aarde.

Impédance de boucle d'une prise de terre "Z_{EB}" : impédance de du circuit formé par la résistance "R_E" de la prise de terre en série avec l'impédance "Z_B" que constituent tous les autres chemins de retour à la terre.



referentie-aarde (op voldoende afstand)



zonder potentiaal-vereffening

met potentiaal-vereffening via S_1, S_2 en S_3, \dots

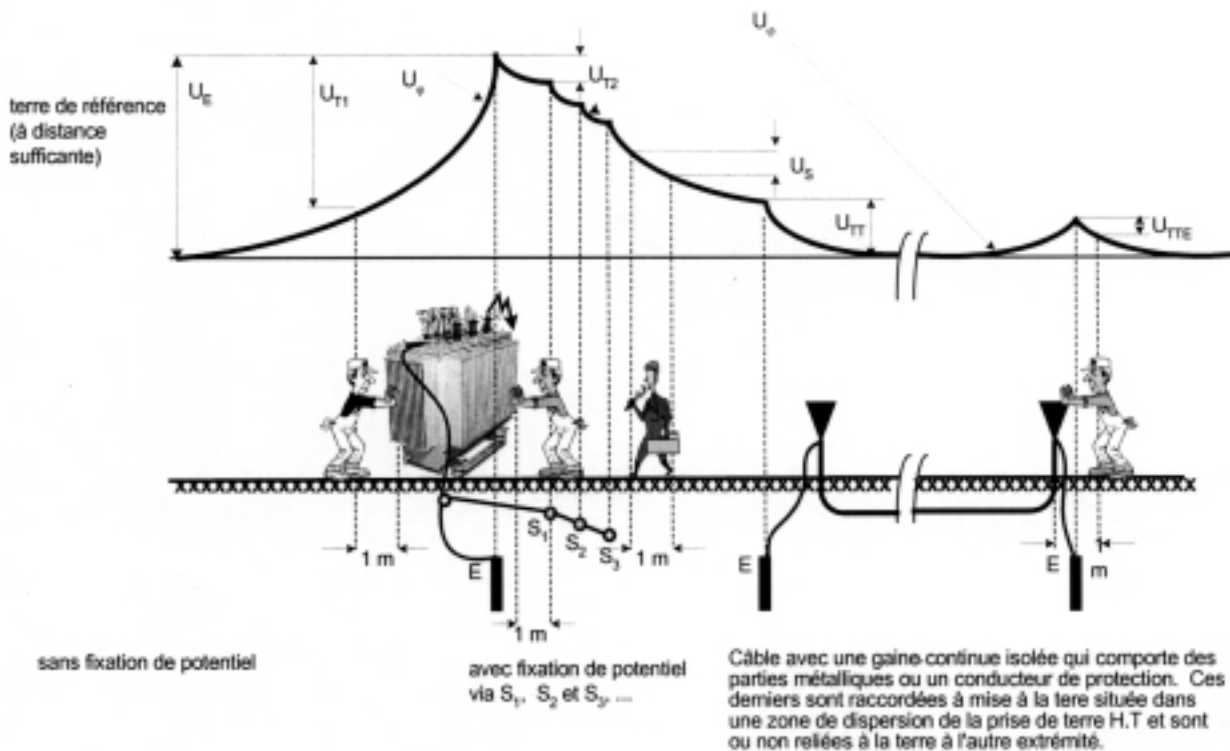
Kabel met een continu geïsoleerde mantel, die metalen manteldelen of een beschermingsgeleider bevat. Deze laatste zijn verbonden met een aardverbinding die gelegen is in de spreidingszone van de H.S. aardverbinding en zijn al dan niet geaard aan het andere uiteinde.

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	aardbodemschijfspanning

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



Tension de contact transférée "U_{TT}" : valeur de la tension de contact transférée par les parties métalliques de la gaine d'un câble ou par un conducteur de protection, si ceux-ci ne sont pas mis à la terre à l'extrémité éloignée.

Tension de contact transférée "U_{TTE}" : valeur de la tension de contact transférée par les parties métalliques de la gaine d'un câble ou par un conducteur de protection, si ceux-ci sont aussi mis à la terre à l'extrémité éloignée.

E	prises de terre
S ₁ , S ₂ , S ₃	prises de terre additionnelles permettant de limiter les différences de potentiel (par exemple, prises de terre en boucle reliées à la prise de terre E)
U _E	élévation du potentiel de terre
U _S	tension de pas
U _T	tension de contact par rapport à la terre
U _φ	potentiel de surface de la terre

Exemple montrant la variation du potentiel de surface et les tensions lorsque des courants circulent dans les prises de terre

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 beschermingsmaatregelen, naargelang het geval :

- door toepassing van passieve beschermingsmaatregelen, en/of,

- door toepassing van actieve beschermingsmaatregelen.

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;

2) weerstand bieden aan de thermische uitwerking van de maximum te verwachten foutstroom;

3) de beschadiging verhinderen van goederen en materieel;

4) 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 een 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 mm²

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.

02. Principes généraux

La protection contre les chocs électriques par contacts indirects doit, dans les installations à haute tension, être assurée :

1) en limitant la probabilité de l'apparition d'un défaut pouvant entraîner des tensions de contact dangereuses.

Pour ce faire, il convient de s'assurer que :

- le matériel électrique a été conçu, construit, choisi et installé de façon à pouvoir être utilisé en toute sécurité;

- le matériel électrique est utilisé conformément à sa destination;

- le matériel électrique est entretenu de manière appropriée.

2) en connectant toutes les masses de l'installation électrique à haute tension à une prise de terre;

3) en prenant toutes les mesures de protection complémentaires, selon le cas :

- par la mise en œuvre de mesures de protection passives, et/ou,

- par la mise en œuvre de mesures de protection actives.

Si diverses mesures de protection sont appliquées simultanément, elles ne peuvent ni s'annuler ni s'influencer négativement.

03. Installation de mise à la terre

03.1. Exigences de base

Les caractéristiques de l'installation de mise à la terre sont déterminées de telle sorte que les objectifs suivants soient atteints :

1) offrir une résistance aux influences mécaniques et chimiques prévisibles;

2) offrir une résistance à l'action thermique du courant de défaut maximal prévisible;

3) empêcher la détérioration des biens et du matériel;

4) garantir la sécurité des personnes, compte tenu de la tension qui peut apparaître lors de l'écoulement du courant de défaut maximal prévisible à travers l'installation de mise à la terre, compte tenu des mesures de protection passives et actives.

03.1.1. Résistance aux influences mécaniques et chimiques

Les éléments constitutifs d'une installation de mise à la terre sont fabriqués avec des matériaux offrant une résistance suffisante aux phénomènes de corrosion (corrosion chimique ou biologique, oxydation, corrosion électrolytique, etc...).

De plus ils offrent la résistance nécessaire aux contraintes mécaniques auxquelles ils peuvent être soumis tant au cours de leur placement, que pendant leurs conditions normales de fonctionnement.

03.1.2. Résistance à l'action thermique de courants de défaut

Les sections à respecter pour les conducteurs constituant les éléments de l'installation de mise à la terre sont fonction du courant de défaut maximal prévisible.

Quand le courant de défaut se répartit sur un ensemble d'électrodes de terre, les dimensions de chaque électrode de terre peuvent être déterminées en tenant compte de cette répartition du courant.

Le calcul de la résistance thermique de l'installation de mise à la terre doit tenir compte de la valeur et de la durée du courant de défaut. A cet effet, on opère une distinction entre une durée inférieure ou égale à 5 secondes (échauffement adiabatique) et une durée supérieure à 5 secondes (échauffement non adiabatique).

Pour une durée inférieure ou égale à 5 secondes, la section minimale est calculée par la formule :

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

avec :

S : section en mm²

I : valeur efficace du courant de défaut phase/terre en A

t : durée du courant de défaut en secondes

k : constante à 20 degrés Celsius dépendante de la nature du matériau.

Les valeurs de cette constante correspondant à la plupart des matériaux utilisés sont répertoriées au tableau 98.2.

β : omgekeerde waarde van de temperatuurscoëfficiënt (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 °C in normale omgevingsomstandigheden.

Θ_f : maximum toegelaten temperatuur in °C na het afvloeien van de foutstroom aangeduid in tabel 98.3.

β : valeur inverse du coefficient de température (α) de la résistivité du matériau en fonction de la température du matériau en degré Celsius comme indiqué au tableau 98.2.

Θ_i : température initiale en °C dans des conditions ambiantes normales.

Θ_f : température maximale admissible en °C après l'écoulement du courant de défaut indiqué au tableau 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 b.6)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 hoogspanningsinstallatie 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 ten minste vier aardingsstaven met een nuttige lengte van minimum 1,5 m, verticaal of schuin naar buiten ingedreven (max. 45° t.o.v. de verticale) 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 aangesloten worden op een aardingsonderbreker, opgesteld op een veilig bereikbare plaats;

Pour une durée supérieure à 5 secondes, la section minimale est déterminée à l'aide de l'un des graphiques représentés aux figures 98.1a et 98.1b. Les droites 1, 2 et 4 se rapportent à une température finale de 300°C. La droite 3 se rapporte à une température finale de 150°C. Quand la température finale à respecter n'est pas égale à 300°C, il convient d'appliquer le facteur de correction défini au tableau 98.4, à la valeur lue sur le graphique des figures 98.1a et 98.1b.

Les valeurs des figures 98.1a et 98.1b et du tableau 98.4 ne sont pas valables pour des conducteurs sous contrainte mécanique; pour ces derniers, il convient de définir les valeurs par calcul.

03.2. Réalisation des prises de terre

03.2.1. Généralités

Une prise de terre peut être réalisée en enfouissant dans le sol une ou plusieurs électrodes de terre horizontales, verticales ou obliques.

Les électrodes de terre disposées horizontalement sont enfouies à une profondeur de minimum 0,6 m sous la surface du sol.

En ce qui concerne les électrodes de terre verticales ou obliques, seule la partie utile est prise en compte. Elles sont placées les unes par rapport aux autres à une distance au moins égale à leur longueur.

Lorsque divers matériaux susceptibles de constituer des couples galvaniques doivent être connectés les uns aux autres, il convient de protéger ces matériaux à l'endroit même de leur(s) connexion(s), par des moyens durables, contre le contact avec des électrolytes provenant de leur environnement.

La prise de terre ne peut être en contact avec un quelconque élément métallique étranger enfoui dans la terre.

03.2.2. Caractéristiques

a. Choix des matériaux et dimensions minimales

À l'exception des cas particuliers repris en b.6)1., les électrodes de terre sont constituées de matériaux mentionnés au tableau 98.1.

Leurs dimensions minimales, en fonction du matériau et du type d'électrode, sont conformes aux valeurs mentionnées au dit tableau.

b. Réalisation

La prise de terre est réalisée suivant une des méthodes ou combinaison de méthodes décrites ci-après:

b.1) Soit une boucle de terre d'au moins 8 m de long, en contact avec la terre et disposée à fond d'une fouille. Si l'installation à haute tension se trouve dans un bâtiment, la boucle de terre est placée de préférence sous les parois extérieures du bâtiment.

Les deux extrémités de la boucle sont reliées à un dispositif de déconnexion de terre installé en un endroit accessible en toute sécurité;

b.2) Soit au moins quatre piquets de terre d'une longueur utile minimale de 1,5 m, enfoncés verticalement ou obliquement (max. 45° par rapport à la verticale) vers l'extérieur de la construction et régulièrement répartis autour de celle-ci. Ces piquets sont reliés entre eux par une boucle de terre dont les deux extrémités sont reliées à un dispositif de déconnexion de terre installé en un endroit accessible en toute sécurité;

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 aardingsonderbreker 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 1.100 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 voorzover dat :

- het contactoppervlak tussen paal en beton, gelegen minstens 30 cm onder het maaiveld, minstens 5.000 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, voorzover 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 10 Ω .

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

Wanneer de soortelijke weerstand van de grond groter is dan 150 Ωm , worden voorvermelde limieten bepaald door de onderstaande formule :

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

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

Bijzonder geval :

In het geval b.6)1. van paragraaf 03.2.2 gelden deze waarden niet, nochtans moet de aardingsimpedantie Z_E kleiner zijn dan 1 Ω .

c.2) Initiële waarde

De waarde van de aardingsweerstand (R_E) van de aardverbinding wordt gemeten vóór de indienstelling. 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 hoogspanningslijnen 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 schakeltoestellen zijn geplaatst.

b.3) Soit une électrode de terre profonde d'une longueur enfoncée d'au moins 6 m. Cette électrode de terre est raccordée par un conducteur de terre à un dispositif de déconnexion de terre installé en un endroit accessible en toute sécurité;

b.4) Soit une électrode de terre horizontale ayant une longueur utile d'au moins 8 m. Cette électrode de terre est raccordée par un conducteur de terre à un dispositif de déconnexion de terre installé en un endroit accessible en toute sécurité;

b.5) Soit un réseau maillé ayant une aire supérieure à 200 m² et constitué d'au moins 9 mailles. Ces mailles, de 10 m maximum de côté, sont situées de préférence sous la zone occupée par l'installation haute tension.

Des dispositifs de déconnexion de terre ne sont pas requis dans ce cas, mais la mesure de la valeur initiale de la résistance de terre (telle que prévue en c.2) doit être rendue possible avant la mise en service.

b.6) Cas particulier

La prise de terre des installations électriques des chemins de fer, situées le long des voies et dont la tension nominale entre conducteurs actifs ne dépasse pas 1.100 volts en courant alternatif, peut être constituée d'un ensemble de poteaux en acier interconnectés électriquement et enfoncés dans un massif de béton en contact direct avec la terre pour autant que :

- la surface de contact entre poteau et béton, située à au moins 30 cm en dessous de la surface du sol, soit au moins égale à 5.000 cm² par poteau;

- le nombre de poteaux soit au moins de 30;

- la distance minimale entre 2 poteaux soit de 10 m.

2. La prise de terre des installations électriques visées par l'article 88 du présent règlement, peut être constituée d'un ensemble de pieux en béton armé en contact direct avec la terre pour autant que :

- le nombre de pieux soit au moins de 4;

- la longueur utile soit d'au moins 10 m;

- la distance entre chacun des 4 pieux soit au moins 6 m;

- le diamètre des pieux soit d'au moins 35 cm;

- les armatures des différents pieux soient interconnectés électriquement.

Des dispositifs de déconnexion de terre ne sont pas requis dans ce cas, mais la mesure de la valeur initiale de la résistance de terre (telle que prévue en c.2) doit être rendue possible avant la coulée de la dalle de béton.

c. Résistance de terre

c.1) Valeur maximale

Excepté pour les cas mentionnés ci-dessous, la valeur de la résistance de terre (R_E) de la prise de terre est inférieure ou égale à 10 Ω .

Dans le cas où l'installation est raccordée à une terre globale cette limite est de 15 Ω .

Si la résistivité du sol est supérieure à 150 Ωm , ces limites sont définies par la formule ci-dessous :

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

avec $Pé$ la résistivité locale du sol à 1 m de profondeur.

Cas particulier :

Dans le cas b.6)1. du paragraphe 03.2.2 ces valeurs ne sont pas d'application, néanmoins l'impédance de terre Z_E doit être inférieure à 1 Ω .

c.2) Valeur initiale

La valeur de la résistance de terre (R_E) est mesurée avant la mise en service. Elle s'appelle « valeur initiale de la résistance de terre ».

d. Cas particuliers

d.1) La prise de terre destinée à la mise à la terre des parties métalliques inaccessibles installées sur des supports non métalliques de lignes à haute tension et ne comportant pas d'appareillage de transformation de tension ni d'appareillage de sectionnement, est réalisée suivant b.2). Les exigences relatives à la valeur maximale de la résistance de terre, telle que définie en c.1), ne sont pas d'application dans ce cas.

d.2) Le placement d'un sectionneur de terre n'est pas requis pour les mises à la terre des supports des lignes à HT sur lesquelles il n'y a pas d'appareillage de transformation de tension ni d'appareillage de sectionnement installé.

03.2.3. Globale aarding

a. Algemeen principe

De globale aarding maakt het mogelijk de potentiaalstijgingen 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 beschermingsgeleiders 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 gemeenschappelijke trajecten tellen slechts eenmaal;

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 verbindingkabels 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 :

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.

03.2.3. Mise à la terre globale

a. Principe général

La mise à la terre globale permet de limiter les élévations du potentiel des terres locales par une meilleure dispersion du courant de défaut à la terre.

La mise à la terre globale est obtenue par :

- soit une longueur suffisante de câbles avec effet de terre;
- soit un nombre suffisant d'installations de mise à la terre haute tension reliées entre elles par des conducteurs de protection;
- soit une combinaison des deux possibilités citées ci-dessus.

b. Conditions auxquelles doit satisfaire une mise à la terre globale

Une mise à la terre globale doit satisfaire à une des conditions b.1) ou b.2) ou b.3) ci-après :

b.1) - les installations de mise à la terre locale à HT sont reliées aux câbles avec effet de terre;

- la somme des longueurs de ces câbles est d'au moins 1 km, les tracés communs ne comptent qu'une seule fois;

b.2) au moins 20 installations de mise à la terre locale à HT sont interconnectées;

b.3) combinaison des conditions b.1) et b.2) en admettant qu'une installation de mise à la terre locale équivaut à 50 m de câble avec effet de terre.

Les câbles avec effet de terre ne doivent pas nécessairement constituer un ensemble continu mais peuvent être reliés entre eux par des conducteurs de protection contenus dans d'autres types de câbles ou de lignes aériennes. La longueur moyenne (L) des conducteurs de protection servant à l'interconnexion des installations de mise à la terre locales et/ou des tronçons de câbles avec effet de terre doit répondre à la formule suivante :

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

S_m = moyenne des sections, pondérée en fonction de la longueur des conducteurs de protection des câbles de liaison et exprimée en mm^2 de section équivalent cuivre.

Si une liaison comprend divers câbles en parallèle, il convient d'en tenir compte lors du calcul de S_m .

La continuité électrique des parties métalliques des gaines et des conducteurs de protection doit être assurée au droit des connexions, des postes de sectionnement, des postes de transformation et des supports.

c. Utilisation de la mise à la terre globale du réseau de distribution publique

À la demande de l'exploitant d'une installation à haute tension qui ne fait pas partie du réseau haute tension de distribution publique, l'exploitant du réseau haute tension de distribution de ce réseau confirmera par écrit si oui ou non l'installation concernée sera intégrée dans un réseau qui bénéficie d'une mise à la terre globale.

03.3. Contrôle des installations de mise à la terre

03.3.1. Généralités

Le contrôle des installations de mise à la terre vise la vérification de :

- l'intégrité de l'installation de mise à la terre locale;
- la continuité des mises à la terre.

Le contrôle s'effectue par la mesure d'une ou des grandeurs suivantes :

- la résistance de terre R_E
- l'impédance de boucle Z_{EB}
- l'impédance de terre Z_E

Remarques :

L'impédance de boucle Z_{EB} d'une prise de terre constitue une estimation de la résistance de terre R_E dans la mesure où l'impédance de l'ensemble des autres prises de terre de l'installation ou du réseau, vue depuis le point de mesure, présente une valeur nettement plus faible.

La mesure de l'impédance de boucle constitue aussi un test de continuité locale de l'interconnexion des terres.

L'impédance de terre Z_E de l'installation est le paramètre principal assurant la protection active contre les chocs électriques. Elle peut être mesurée par la même méthode que celle utilisée pour déterminer la valeur initiale de R_E .

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 voorzover 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 her-nomen.

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 onrecht-streekse 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 beschermingsmaatregelen 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 genaakbaarheids-gabarit :

- 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.

Toutes les valeurs d'impédance sont exprimées en module.

03.3.2. Contrôle de conformité avant la mise en service

Le contrôle s'effectue par la mesure de la résistance de terre R_E .

La mesure de R_E n'est pas d'application dans le cas des supports non métalliques de lignes à haute tension ne comportant pas d'appareillage de transformation de tension ni d'appareillage de sectionnement.

03.3.3. Contrôle périodique

Lors du premier contrôle périodique l'impédance de terre Z_E est mesurée. Le résultat de la mesure est satisfaisant si Z_E reste inférieur à la valeur maximale autorisée de R_E .

Si la valeur de Z_E est inférieure à 1Ω , et pour autant qu'il existe une liaison avec d'autres installations de mise à la terre, il y a lieu, lors des visites de contrôles ultérieures, de réaliser une mesure de l'impédance de boucle Z_{EB} . Cette mesure peut être effectuée avec ou sans déconnexion du conducteur de terre.

La valeur de Z_{EB} doit être supérieure à Z_E et inférieure à la plus grande des deux limites :

valeur initiale de $R_E + 1 \Omega$

ou

valeur initiale de $R_E + 50 \%$.

En cas de dépassement il y a lieu de mesurer à nouveau R_E et de vérifier la continuité de mise à la terre par la mesure de Z_{EB} .

Si la valeur de Z_E est supérieure ou égale à 1Ω il y a lieu de mesurer R_E .

Lors des visites de contrôles ultérieures la procédure est répétée.

La mesure de R_E et de Z_{EB} n'est pas d'application dans le cas de supports des lignes aériennes. Seule Z_E est mesurée lors des contrôles périodiques.

La mesure de R_E , Z_{EB} , Z_E n'est pas d'application dans le cas des supports non métalliques de lignes à haute tension ne comportant pas d'appareillage de transformation de tension ni d'appareillage de sectionnement.

04. Protection passive contre les chocs électriques par contacts indirects en haute tension

04.1. Généralités

Les mesures de protection passives sont des mesures qui ne reposent pas sur la coupure de l'alimentation et qui se limitent à des machines et des appareillages électriques isolés ou à des équipements électriques locaux, afin de rendre impossible l'accès simultané de parties entre lesquelles, en raison d'un défaut dans l'installation à haute tension, la tension de contact peut atteindre une valeur dangereuse.

Cette protection consiste à prendre les mesures suivantes soit séparément soit en combinaison :

- 1) l'enveloppement des masses des installations à basse et très basse tension ainsi que des éléments conducteurs étrangers;
- 2) l'isolation des masses des installations à basse et très basse tension ainsi que des éléments conducteurs étrangers;
- 3) l'éloignement des masses des installations à basse et très basse tension ainsi que des éléments conducteurs étrangers;
- 4) la protection par écran des masses des installations à basse et très basse tension ainsi que des éléments conducteurs étrangers;
- 5) la réalisation d'une zone équipotentielle mise à la terre.

Nonobstant les mesures de protection citées ci-avant, les masses du matériel à haute tension doivent localement être mises à la terre.

04.2. Enveloppement des masses des installations à basse et très basse tension ainsi que des éléments conducteurs étrangers par rapport aux masses à haute tension

L'enveloppement des masses, ainsi que des éléments conducteurs étrangers, est considéré comme efficace si, dans le volume d'accessibilité à toucher :

- 1) l'enveloppement des masses et éléments conducteurs étrangers est réalisée de telle sorte que le niveau de rigidité correspond à la tension de contact prévisible qui est au maximum égale à $U_E/2$;
- 2) l'enveloppement est convenablement fixé et résiste aux forces auxquelles il peut être exposé.

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 genaakbaarheids-gabarit :

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 bedrijfsomstandigheden 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 gearde 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 gearde 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 funderingsplaat, op voorwaarde dat de bewapeningsmatten 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 onder meer 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.

04.3. Isolation des masses des installations à basse et très basse tension ainsi que des éléments conducteurs étrangers par rapport aux masses à haute tension ou vice versa

L'isolation des masses, ainsi que des éléments conducteurs étrangers est considérée comme efficace si, dans le volume d'accessibilité au toucher :

1) l'isolation des masses, ainsi que des éléments conducteurs étrangers ou le positionnement isolé des éléments conducteurs étrangers, est réalisée de telle sorte que le niveau d'isolation correspond à la tension de contact prévisible qui est au maximum égale à $U_E/2$;

2) les moyens d'isolation utilisés sont convenablement fixés et résistent aux forces auxquelles ils peuvent être exposés.

04.4. Eloignement des masses des installations à basse et très basse tension ainsi que des éléments conducteurs étrangers par rapport aux masses à haute tension

L'éloignement des masses des installations à basse et très basse tension ainsi que des éléments conducteurs étrangers par rapport aux masses à haute tension est considéré comme efficace lorsqu'il est impossible que des personnes puissent, dans des circonstances d'exploitation normales, accéder simultanément à une masse à haute tension d'une part, et à une masse d'une installation à une autre tension et/ou à un élément conducteur étranger d'autre part.

Cet éloignement est considéré comme suffisant lorsque la distance horizontale et verticale atteint au moins 2,5 m.

Dans les lieux du service électrique, la distance horizontale peut être ramenée à 1,25 m.

04.5. Protection au moyen d'obstacles des masses des installations à basse et très basse tension ainsi que des éléments conducteurs étrangers par rapport aux masses à haute tension

Les obstacles utilisés comme écrans de protection des masses des installations à basse et très basse tension ainsi que des éléments conducteurs étrangers par rapport aux masses à haute tension sont considérés comme efficaces si, dans le volume d'accessibilité au toucher :

1) la distance à franchir entre les masses à haute tension d'une part et les masses des installations à basse et très basse tension ainsi que les éléments conducteurs étrangers d'autre part est au moins de 2,5 m

et

2) la hauteur du bord supérieur de l'obstacle s'élève au minimum à 1,25 m.

Dans les lieux du service électrique, la distance horizontale peut être réduite à 1,25 m.

Les obstacles doivent être constitués de matériaux non conducteur, dûment fixés et résister aux forces auxquels ils peuvent être exposés.

04.6. Réalisation d'une zone équipotentielle mise à la terre

Toutes les masses et les éléments conducteurs étrangers accessibles simultanément doivent être reliés galvaniquement à une installation de mise à la terre locale, de telle sorte qu'en cas de défaut dans l'installation à haute tension, l'apparition de différences de potentiel supérieures à celles qui sont définies par la courbe de sécurité reprise à la figure 98.2 soit exclue. Des éléments conducteurs qui ne peuvent pas être à l'origine de différence de potentiel dangereux, ne doivent pas être mis à la terre (portes ou grilles de ventilation métalliques incorporées dans la maçonnerie,...).

A cet effet, il y a lieu de prendre les mesures suivantes :

1) réalisation, au moyen d'un réseau maillé placé en-dessous de l'installation, d'une zone équipotentielle mise à la terre.

Ce réseau maillé dont les dimensions sont au moins égales à celles de l'installation est constitué :

- soit de l'armature de la dalle de fondation, à condition que les treillis d'armatures soient reliés aux treillis voisins à au moins deux endroits et que l'ensemble soit relié par au moins deux liaisons éventuellement déconnectables à l'installation de mise à la terre locale;

- soit d'un treillis métallique dont les mailles ont au maximum 10 m de côté.

2) maîtrise du gradient de potentiel au bord de la zone. Ceci peut se faire notamment par l'enfouissement d'une ou de plusieurs boucles de terre autour de la zone. Ces boucles de terre peuvent être complétées par des piquets de terre enfouis obliquement dans le sol. Si la maîtrise du gradient de potentiel ne peut être garantie il y a lieu de prendre des mesures passives complémentaires, comme par exemple le recouvrement du sol par un matériau non conducteur ou le placement de clôtures isolées.

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 stroomonderbrekingstoestellen met een werkskarakteristiek 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 doorgangswaarde) 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
$$I_B = \frac{U_{Tr}}{Z_B}$$

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 werkskarakteristieken van de onderbrekingsinrichtingen.

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.

05. Protection active contre les chocs électriques par contacts indirects en haute tension avec interruption automatique de l'alimentation

05.1. Généralités

Cette mesure de protection vise à limiter dans le temps, par coupure de l'alimentation, les tensions de contact qui peuvent être dangereuses en cas de défaut dans l'installation à haute tension.

L'application de cette mesure nécessite :

- 1) la mise à la terre locale des masses du matériel à haute tension.
- 2) l'utilisation d'appareils de coupure du courant dotés d'une caractéristique de fonctionnement telle qu'il n'y ait pas de différences de potentiel dangereuses, en tenant compte de la valeur des impédances des boucles de défaut et des caractéristiques du réseau.

Cette mesure de protection est considérée comme remplie lorsqu'une des conditions ci-après est satisfaite :

a) pour les installations de transport et de distribution d'électricité et pour les installations accessibles uniquement à des personnes BA4 ou BA5, les masses à haute tension bénéficient d'une mise à la terre globale et la durée du défaut ne dépasse pas 5 secondes

ou

b) l'élévation du potentiel de terre U_E (calculée ou mesurée) est limitée à la tension de contact admissible U_{Tp} .

$$U_E \leq U_{Tp}$$

Lorsque les masses à haute tension se trouvent dans le voisinage immédiat (distance horizontale < 5 m) de leur prise de terre, l'élévation du potentiel de terre peut atteindre au maximum deux fois la tension de contact admissible.

Pour déterminer l'élévation du potentiel de terre et la tension de contact d'une installation, toutes les prises de terre faisant partie de l'installation de mise à la terre peuvent entrer en ligne de compte.

La tension U_E peut être approchée par la formule $U_E < I_f \cdot Z_E$

dans laquelle :

I_f : courant de défaut phase-terre (A) prévisible à l'endroit de l'installation

Z_E : impédance de terre (Ω)

Pour la détermination de la tension de contact admissible, des résistances additionnelles (chaussures ou surface de sol présentant une résistance élevée au passage de courant électrique) peuvent être prises en compte.

Dans ce cas la valeur de la tension de contact admissible est définie par la formule suivante :

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

avec
$$I_B = \frac{U_{Tr}}{Z_B}$$

dans laquelle :

U_{STP} : tension de contact admissible (V) entre les mains et la terre, compte tenu de la résistance de la chaussure et du revêtement de sol

Z_B : impédance du corps humain (Ω)

I_B : intensité corporelle (A)

R_{a1} : résistance des chaussures (Ω)

R_{a2} : résistance superficielle du sol (Ω)

05.2. Caractéristiques du réseau

Les équipements de protection visés nécessitent la coordination entre :

1) les caractéristiques du réseau

et

2) les caractéristiques de fonctionnement des dispositifs de coupure.

L'exploitant du réseau à haute tension détermine le schéma-type de son réseau. Sur demande de l'installateur, l'exploitant du réseau d'alimentation à haute tension lui fournit les caractéristiques du réseau.

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

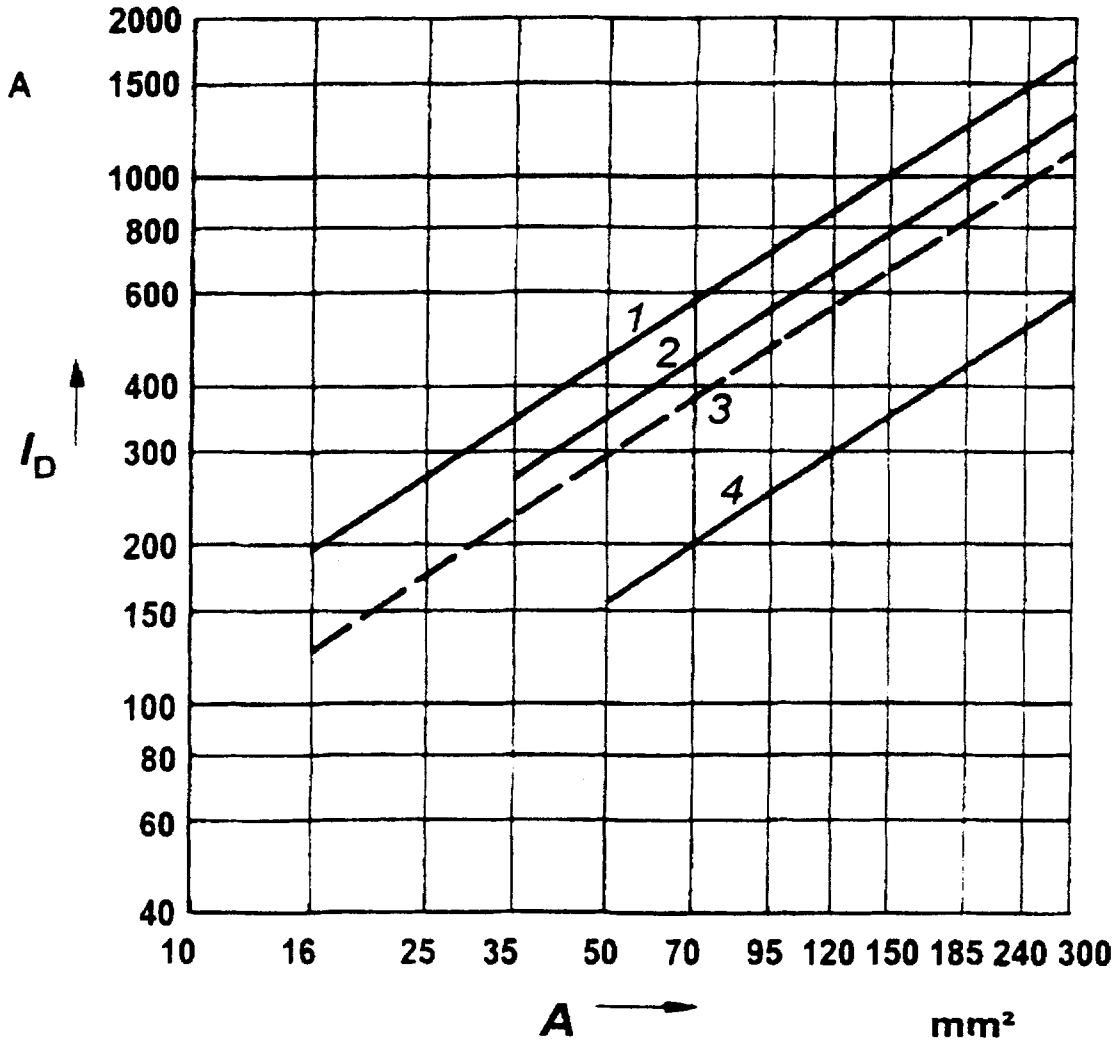
Wanneer er niet aan de in punt 5 gemelde voorwaarden wordt voldaan dienen bijkomende passieve beschermingsmaatregelen te worden toegepast.

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

06. Application des mesures de protection contre les chocs électriques par contacts indirects en haute tension

Lorsque les conditions du point 5 ne sont pas remplies, il convient d'appliquer des mesures de protection passive supplémentaires.

Lorsque des mesures adéquates ont été prises pour assurer la protection contre les tensions de contact, il est supposé que la protection contre les tensions de pas est également assurée.



Figuur 98.1a

Figure 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

Courant I_D pour les conducteurs de terre de section circulaire en fonction de leur section (A en mm^2)

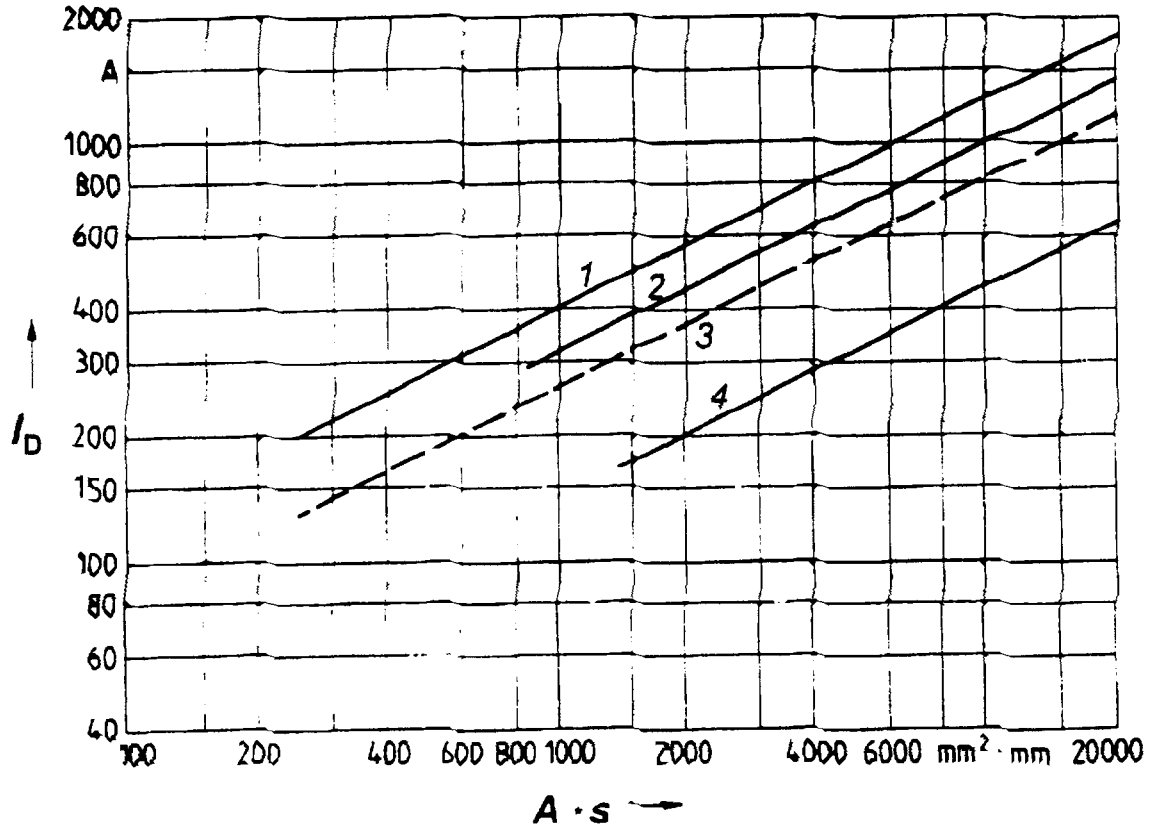
Les droites 1, 2 et 4 s'appliquent à une température finale de 300 °C; la droite 3 pour une température finale de 150 °C.

Droite 1 : cuivre, nu ou avec revêtement de zinc

Droite 2 : aluminium

Droite 3 : cuivre, étamé ou gainé de plomb

Droite 4 : acier galvanisé



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 98.1b

Courant I_D pour les conducteurs de terre de section rectangulaire en fonction du produit de la section et du périmètre ($A \times s$)

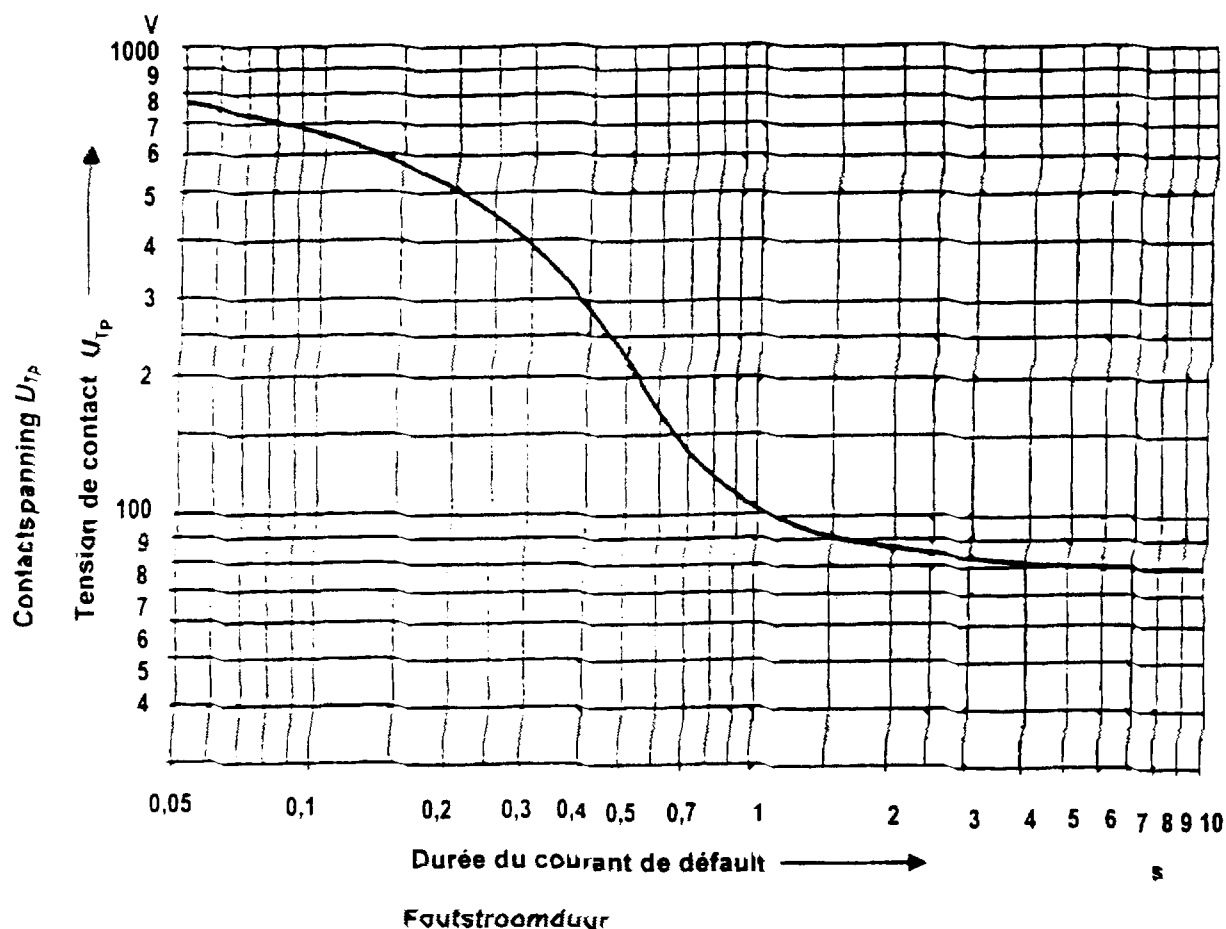
Les droites 1, 2 et 4 s'appliquent à une température finale de 300 °C; la droite 3 pour une température finale de 150 °C.

Droite 1 : cuivre, nu ou avec revêtement de zinc

Droite 2 : aluminium

Droite 3 : cuivre, étamé ou gainé de plomb

Droite 4 : acier galvanisé



Figuur 98.2

Figure 98.2

Toelaatbare contactspanning U_{TP} in functie van de foutstroomduur

Tension de contact admissible U_{TP} en fonction de la durée du courant de défaut

Nota 1 : deze curve betreft aardingsfouten in hoogspanningsinstallaties

Note 1 : cette courbe concerne les défauts de terre dans les installations à haute tension

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

Note 2 : si la durée de passage du courant est plus grande que 10 s, une valeur de 75 V peut être utilisée pour 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]	Doorsnede [mm ²]	Dikte [mm]	Individuele waarde [μm]	Gemiddelde 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			1.000	
Met geëxtrudeerde koperen mantel	Ronde staven	15			2.000	
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		1.000	
	Ronde draden		25		2.000	

(1) Waarde voor iedere draad

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

TABLEAU 98.1

Dimensions minimales des électrodes de terre en fonction des matériaux utilisés en rapport avec leur résistance aux influences mécaniques et corrosives.

Matériaux	Type des électrodes de terre	Dimensions minimales				
		Ame			Revêtement /Gaine	
		Diamètre [mm]	Section [mm ²]	Epaisseur [mm]	Valeur individuelle [μm]	Valeur moyenne [μm]
ACIER						
Galvanisation thermique	Feuillards (2)		90	3	63	70
	Profilé		90	3	63	70
	Tubes	25		2	47	55
	Barres rondes	16			63	70
	Fils ronds	10				50
Gaine de plomb	Fils ronds	8			1.000	
Gaine en cuivre extrudé	Barres rondes	15			2.000	
Enveloppe électrolytique	Barres rondes	14,2			90	100
CUIVRE						
Affiné	Feuillards (2)		50	2		
	Fils ronds		25			
	Câbles torsadés	1,8 (1)	25			
	Tubes	20		2		
Étamé	Câbles torsadés	1,8(1)	25		1	5
Galvanisé	Feuillards		50	2	20	40
Gaine de plomb	Câbles torsadés	1,8 (1)	25		1.000	
	Fils ronds		25		2.000	

(1) Valeur pour chaque fil

(2) Feuillards, laminés ou découpés, avec coins arrondis

TABLEAU 98.2

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_i [°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
Silicone Rubber (SIR)		20	350

TABLEAU 98.3

Matériaux		Température initiale θ_i [°C]	Température finale θ_f [°C]
Fils non chargés mécaniquement	Cuivre affiné	20	300
	Cuivre affiné galvanisé	20	300
	Aluminium affiné	20	300
	Acier affiné galvanisé	20	300
Ligne aérienne	Cuivre affiné	20	170
	Alliage d'Aluminium	20	170
	Aluminium - Acier	20	150
	Alliage d'Aluminium - Acier	20	150
Cuivre affiné étamé		20	150
Cuivre à gaine de plomb		20	150
<u>Les matériaux précités avec une gaine en :</u>			
Polychlorure de vinyle (PVC)		20	160
Caoutchouc		20	220
Polyéthylène réticulé (PRC)		20	250
Éthylène - propylène (EPR)		20	250
Caoutchouc siliconé (SIR)		20	350

TABLEAU 98.4

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 onrechtstreekse aanraking ten gevolge van potentiaalverspreiding

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.

Art. 99. La prévention des chocs électriques par contacts indirects suite à la propagation du potentiel

01. Généralités

Des mesures doivent être prises pour éviter qu'à la suite d'un défaut d'isolation dans une installation à haute tension, la propagation du potentiel via des conducteurs actifs, via l'installation de terre ou via des parties conductrices étrangères à l'installation, puisse donner lieu à des tensions de contact dangereuses.

A cet égard, la continuité des éléments conducteurs étrangers qui transitent entre la zone de dispersion de la prise de terre à haute tension et une zone à potentiel de sol neutre doit être interrompue par un matériau isolant adéquat.

02. Mesures à prendre

02.1. Mesures générales

La mise à la terre du point neutre d'une installation à basse tension, les éléments conducteurs étrangers à l'installation, les prises de terre des installations à basse ou très basse tension sont installées en dehors de la zone de dispersion de la prise de terre à haute tension.

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 vreemde geleidende delen, die zich in hetzelfde gebouw als de HS massa's bevinden mogen met de HS aardverbinding verbonden zijn voorzover er een doeltreffende equipotentiaalverbinding verwezenlijkt is.

In het geval van een globale aarding zijn de doorsneden van equipotentiaalgeleiders deze vermeld in artikel 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 vreemde 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;

- hetzij 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 genaakbaarheidsprofiel van de onderhouds- en de dienstplaatsen.

02.2. Exceptions vis-à-vis des mesures générales

02.2.1. Les masses du matériel à basse tension d'une installation de schéma TT ou IT situées dans un même local que celui de l'installation à haute tension peuvent être reliées à la mise à la terre haute tension pour autant que les prescriptions du tableau 99.1 soient rencontrées ou que le réseau haute tension bénéficie d'une mise à la terre globale.

02.2.2. Les masses du matériel BT ainsi que les éléments conducteurs étrangers, situés dans le même bâtiment que les masses HT peuvent être reliés à la mise à la terre HT pour autant qu'une liaison équipotentielle efficace soit réalisée.

Dans le cas d'une mise à la terre globale les sections des conducteurs équipotentiels à respecter sont celles de l'article 73.

02.2.3. Le point neutre d'une installation à basse tension peut être raccordé à une installation de mise à la terre à haute tension à condition que :

- dans le cas d'un réseau basse tension de schéma TN, il n'y ait pas de risque de tensions de contact dangereuses dues à la propagation de potentiel via le conducteur neutre et le conducteur de protection en dehors de la zone équipotentielle;

- dans le cas d'un réseau basse tension de schéma TT, il n'y ait pas de risque de dépassement de la tension de tenue de l'isolation du matériel à basse tension.

Ces conditions sont considérées comme remplies lorsque :

- soit le réseau basse tension est réalisé selon le schéma TN et les masses BT ainsi que les éléments conducteurs étrangers situés dans un même bâtiment, sont reliés ensemble par une liaison équipotentielle efficace;

- soit le réseau basse tension est réalisé selon le schéma TN et l'élévation du potentiel de terre U_E des masses BT et des éléments conducteurs étrangers ne dépasse pas les valeurs indiquées au tableau 99.1, dans lequel la tension de contact admissible U_{TP} est prise égale à la tension limite relative conventionnelle $U_L(t)$ de l'article 31. La tension U_E peut être approchée par la formule $U_E < I_f \cdot Z_E$, sachant que Z_E est mesurée en interconnectant temporairement la mise à la terre basse tension avec la mise à la terre haute tension;

- soit le réseau basse tension est réalisé selon le schéma TT et que le réseau haute tension bénéficie d'une mise à la terre globale.

02.3. Mesures particulières

Lorsqu'à l'intérieur de la zone de dispersion d'une installation de mise à la terre HT, il n'est pas possible d'éviter des tensions de contact dangereuses, suite à la propagation de potentiel, il y a lieu de rendre inaccessibles les masses des installations à basse ou à très basse tension et/ou les éléments conducteurs étrangers à l'installation qui se trouvent dans cette zone de dispersion et qui sont galvaniquement reliés à la terre neutre.

Cette inaccessibilité peut être obtenue :

- soit par obstacle;

- soit par isolement;

- soit par éloignement en dehors du volume d'accessibilité des emplacements d'entretien et de service.

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	$t \leq 5$ s $t > 5$ s	Niet van toepassing	$U_E \leq 1200V$ $U_E \leq 250V$
TN		$U_E \leq U_{Tn}(1)$ $U_E \leq 2.U_{Tn}(2)$	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.

TABLEAU 99.1

Type de réseau de l'installation B.T.	Durée du défaut	La mise à la terre de l'installation à basse tension et de haute tension sont communes	
		Prescriptions en matière d'élévation maximale du potentiel de terre (En ce qui concerne la tension de contact transférée)	(En ce qui concerne la tension de tenue de l'isolation du matériel basse tension)
TT	$t \leq 5$ s $t > 5$ s	Pas d'application	$U_E \leq 1200V$ $U_E \leq 250V$
TN		$U_E \leq U_{Tn}(1)$ $U_E \leq 2.U_{Tn}(2)$	Pas d'application

- (1) Le conducteur PE(N) de l'installation à basse tension est mis à la terre uniquement par liaison à l'installation de mise à la terre à haute tension.
- (2) Le conducteur PE(N) de l'installation à basse tension est mis à la terre en des points multiples, répartis aussi régulièrement que possible, pour s'assurer que le potentiel du conducteur de protection demeure, en cas de défaut, aussi proche que possible de celui de la terre."

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 maanden 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 Brussel, 28 januari 2004.

ALBERT

Van Koningswege :

De Minister van Werk,
F. VANDENBROUCKE

De Minister van Energie,
Mevr. F. MOERMAN

De Staatssecretaris voor Arbeidsorganisatie
en Welzijn op het Werk,
Mevr. K. VAN BREMPT

Art. 3. Le présent arrêté s'applique aux installations électriques et les modifications ou extensions importantes dont l'exécution sur place n'est pas encore entamée trois mois après la date de publication du présent arrêté.

Art. 4. Notre Ministre de l'Emploi, Notre Ministre de l'Energie et Notre Secrétaire d'Etat à l'Organisation du Travail et au Bien-être au travail sont chargés, chacun en ce qui le concerne, de l'exécution du présent arrêté.

Donné à Bruxelles, le 28 janvier 2004.

ALBERT

Par le Roi :

Le Ministre de l'Emploi,
F. VANDENBROUCKE

La Ministre de l'Energie,
Mme F. MOERMAN

La Secrétaire d'Etat à l'Organisation du Travail
et au Bien-être au travail,
Mme K. VAN BREMPT