

## **8 Equipotentiaal vereffening**

### **8.1 Algemeen**

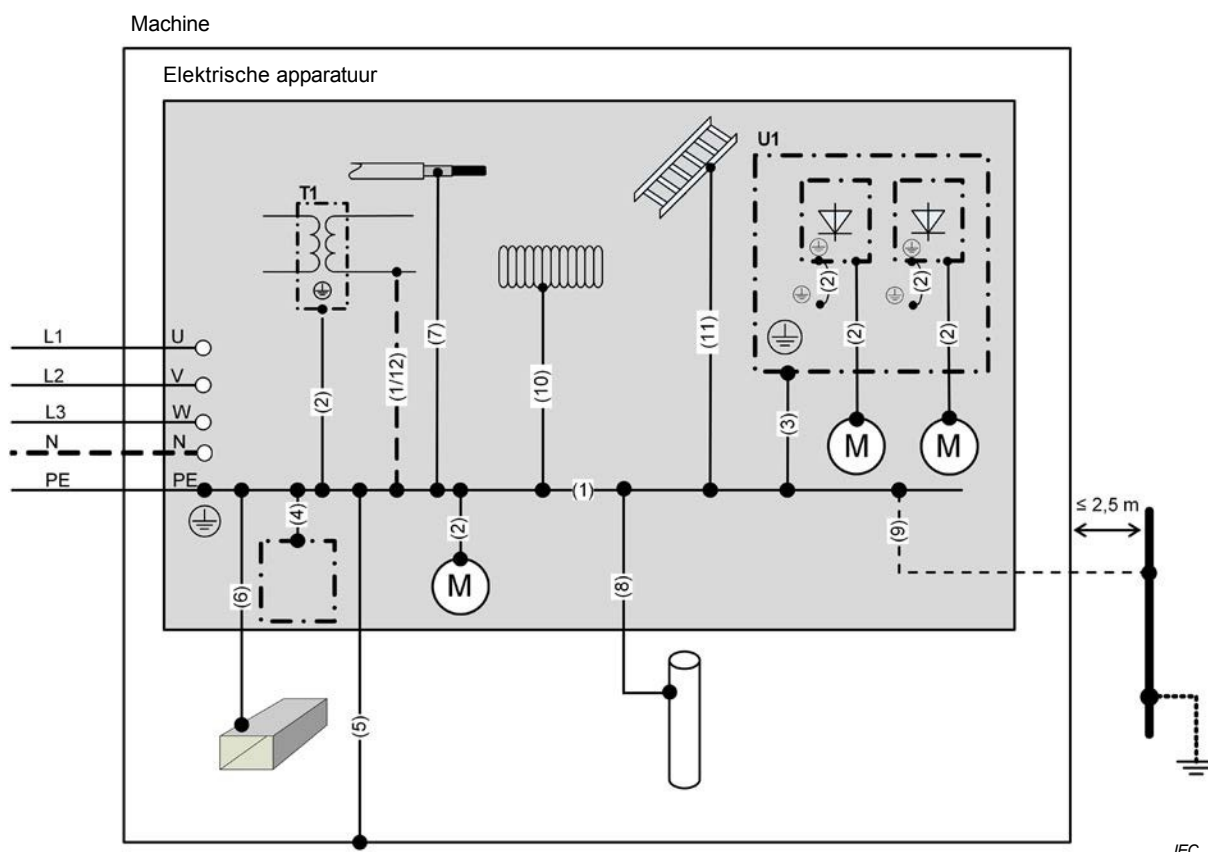
Dit artikel 8 bevat eisen voor beschermende vereffening en functionele vereffening. Figuur 4 illustreert deze concepten.

Vereffening is een basisvoorziening voor foutbeveiliging om personen te beschermen tegen elektrische schokken (zie 6.3.3 en 8.2).

Het doel van functionele vereffening (zie 8.4) is het verminderen:

- het gevolg van een isolatiefout die de werking van de machine kan beïnvloeden;
- elektrische storingen in gevoelige elektrische apparatuur die de werking van de machine kunnen beïnvloeden;
- geïnduceerde bliksemstromen die de elektrische apparatuur kunnen beschadigen.

Functionele vereffening wordt bereikt door verbinding met het circuit van beschermende vereffening, maar als het niveau van elektrische storingen op het circuit van beschermende vereffening niet laag genoeg is voor een goede werking van elektrische apparatuur, kan het nodig zijn om aparte geleiders te gebruiken voor beschermende en functionele vereffening.



| Circuit voor beschermende vereffening:                                                                                     |                                                                                                                                                                                                                                               |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| (1)                                                                                                                        | Onderlinge verbinding van beschermende geleider(s) en de PE-klem                                                                                                                                                                              |
| (2)                                                                                                                        | Verbinding van blootliggende geleidende delen                                                                                                                                                                                                 |
| (3)                                                                                                                        | Beschermgeleider aangesloten op een montageplaat van elektrische apparatuur die als beschermgeleider wordt gebruikt                                                                                                                           |
| (4)                                                                                                                        | Aansluiting van geleidende constructiedelen van de elektrische apparatuur                                                                                                                                                                     |
| (5)                                                                                                                        | Geleidende constructiedelen van de machine                                                                                                                                                                                                    |
| Delen aangesloten op het circuit van de beschermende vereffening die niet als beschermende geleider mogen worden gebruikt: |                                                                                                                                                                                                                                               |
| (6)                                                                                                                        | Metalen kanalen van flexibele of stijve constructie                                                                                                                                                                                           |
| (7)                                                                                                                        | Metalen kabelmantels of bepantsering                                                                                                                                                                                                          |
| (8)                                                                                                                        | Metalen buizen met brandbare materialen                                                                                                                                                                                                       |
| (9)                                                                                                                        | Niet-geleidende onderdelen die onafhankelijk van de voeding van de machine zijn geaard en een potentiaal kunnen introduceren, in het algemeen het aardpotentiaal (zie 17.2 d)), bijv:<br>metalen buizen,<br>hekken,<br>ladders,<br>leuningen. |
| (10)                                                                                                                       | Flexibele of buigzame metalen buizen                                                                                                                                                                                                          |
| (11)                                                                                                                       | Beschermende vereffening van draagdraden, kabelgoten en kabelladders                                                                                                                                                                          |
| Aansluitingen op het beschermende vereffeningcircuit om functionele redenen:                                               |                                                                                                                                                                                                                                               |
| (12)                                                                                                                       | Functionele vereffening                                                                                                                                                                                                                       |
| Legenda bij referentieaanduidingen:                                                                                        |                                                                                                                                                                                                                                               |
| T1                                                                                                                         | Hulptransformator                                                                                                                                                                                                                             |
| U1                                                                                                                         | Montageplaat van elektrische apparatuur                                                                                                                                                                                                       |

**Figuur 4 - Voorbeeld van equipotentiaalvereffening voor elektrische apparatuur van een machine**

## 8.2 Circuit voor beschermende vereffening

### 8.2.1 Algemeen

Het circuit van de beschermende vereffening bestaat uit de onderlinge verbinding van:

- PE-aansluiting(en) (zie 5.2);
- de beschermende geleiders (zie 3.1.51) in de uitrusting van de machine, inclusief schuifcontacten wanneer deze deel uitmaken van het circuit;
- de geleidende constructiedelen en blootliggende geleidende delen van de elektrische uitrusting;

Uitzondering: zie 8.2.5.

- geleidende structurele onderdelen van de machine.

Alle onderdelen van het beschermende bindingscircuit moeten zo zijn ontworpen dat ze bestand zijn tegen de hoogste thermische en mechanische spanningen die kunnen worden veroorzaakt door aardlekstromen die in dat deel van het beschermende bindingscircuit kunnen vloeien.

De doorsnede van elke beschermende geleider die geen deel uitmaakt van een kabel of die zich niet in een gemeenschappelijke behuizing met de inductiekabel bevindt, moet ten minste gelijk zijn aan

- 2,5 mm<sup>2</sup> Cu of 16 mm<sup>2</sup> Al als bescherming tegen mechanische schade is voorzien,
- 4 mm<sup>2</sup> Cu of 16 mm<sup>2</sup> Al als er geen bescherming is tegen mechanische schade.

OPMERKING Het gebruik van staal voor een beschermende geleider is niet uitgesloten.

Een beschermende geleider die geen deel uitmaakt van een kabel, wordt beschouwd als mechanisch beschermd als hij is geïnstalleerd in een doorvoerbuis, een kabelgoot of op een vergelijkbare manier is beschermd. Geleidende constructiedelen van apparatuur overeenkomstig 6.3.2.2 hoeven niet te worden aangesloten op het circuit van de beschermende vereffening. Geleidende constructiedelen van de machine hoeven niet te worden aangesloten op het circuit van de veiligheidsvereffening als alle apparatuur in overeenstemming is met punt 6.3.2.2.

Blootgestelde geleidende delen van apparatuur volgens 6.3.2.3 mogen niet worden aangesloten op het beschermende vereffeningscircuit.

Het is niet nodig om blootliggende geleidende delen aan te sluiten op het beschermende vereffeningscircuit waar deze delen zijn gemonteerd, zodat ze geen gevaar vormen omdat:

- ze niet kunnen worden aangeraakt op grote oppervlakken of vastgepakt met de hand en klein van formaat zijn (minder dan ongeveer 50 mm × 50 mm); of
- ze zo geplaatst zijn dat contact met onderdelen onder spanning of een isolatiefout onwaarschijnlijk is.

Dit geldt voor kleine onderdelen zoals schroeven, klinknagels en naamplaatjes en voor onderdelen in een behuizing, ongeacht hun grootte (bijvoorbeeld elektromagneten van schakelaars of relais en mechanische onderdelen van apparaten).

### 8.2.2 Beschermende geleiders

Beschermende geleiders moeten worden geïdentificeerd in overeenstemming met 13.2.2.

Koperen geleiders hebben de voorkeur. Wanneer een ander geleidermateriaal dan koper wordt gebruikt, mag de elektrische weerstand per lengte-eenheid niet hoger zijn dan die van de toegestane koperen geleider en moeten dergelijke geleiders om redenen van mechanische duurzaamheid een doorsnede van minimaal 16 mm<sup>2</sup> hebben.

Metalen behuizingen of frames of montageplaten van elektrische apparatuur, aangesloten op het circuit van de beschermende vereffening, mogen als beschermende geleiders worden gebruikt als ze aan de volgende drie eisen voldoen:

- hun elektrische continuïteit moet worden verzekerd door een constructie of een geschikte verbinding die bescherming biedt tegen mechanische, chemische of elektrochemische aantasting;
- ze voldoen aan de vereisten van 543.1 van IEC 60364-5-54:2011;
- zij moeten de aansluiting van andere aardgeleiders op elk vooraf bepaald aftappunt mogelijk maken.

De doorsnede van aardgeleiders moet worden berekend volgens 543.1.2 van IEC 60364-5-54:2011 of worden geselecteerd volgens tabel 1 (zie 5.2). Zie ook 8.2.6 en 17.2 (d) van dit document.

Elke beschermende geleider moet:

- deel uitmaken van een meeraderige kabel, of;
- zich in een gemeenschappelijke behuizing met de inductiekabel bevinden, of;
- een dwarsdoorsnede hebben van ten minste;
- 2,5 mm<sup>2</sup> Cu of 16 mm<sup>2</sup> Al als bescherming tegen mechanische schade is voorzien;
- 4 mm<sup>2</sup> Cu of 16 mm<sup>2</sup> Al als er geen bescherming is tegen mechanische schade.

OPMERKING 1 Het gebruik van staal voor een beschermende geleider is niet uitgesloten.

Een beschermende geleider die geen deel uitmaakt van een kabel wordt beschouwd als mechanisch beschermd als deze is geïnstalleerd in een doorvoerbuis, een kabelgoot of op een vergelijkbare manier is beschermd.

De volgende delen van de machine en de elektrische uitrusting ervan moeten worden aangesloten op het circuit van de beschermende vereffening, maar mogen niet als beschermingsgeleiders worden gebruikt:

- geleidende constructiedelen van de machine;
- metalen kanalen met een flexibele of stijve constructie;
- metalen kabelmantels of bepantsering;
- metalen buizen die brandbare materialen bevatten zoals gassen, vloeistoffen, poeder.
- flexibele of buigzame metalen buizen;
- constructiedelen die onderhevig zijn aan mechanische spanning bij normaal gebruik;
- flexibele metalen delen; ondersteuningsdraden; kabelgoten en kabelladders.

OPMERKING 2 Informatie over kathodische bescherming wordt gegeven in 542.2.5 en 542.2.6 van IEC 60364-5-54:2011.

### **8.2.3 Continuïteit van het circuit van de beschermende vereffening**

Wanneer een onderdeel om welke reden dan ook wordt verwijderd (bijvoorbeeld routineonderhoud), mag het beschermende vereffeningscircuit voor de resterende onderdelen niet worden onderbroken.

Verbindings- en vereffeningpunten moeten zo zijn ontworpen dat hun stroomvoerend vermogen niet wordt aangetast door mechanische, chemische of elektrochemische invloeden. Wanneer behuizingen en geleiders van aluminium of aluminiumlegeringen worden gebruikt, moet bijzondere aandacht worden besteed aan de mogelijkheid van elektrolytische corrosie.

Wanneer de elektrische apparatuur op deksels, deuren of afdekplaten is gemonteerd, moet de continuïteit van het circuit van de beschermende vereffening worden verzekerd en wordt een beschermende geleider (zie 8.2.2) aanbevolen. Als er geen aardleiding is, moeten sluitingen, scharnieren of schuifcontacten met een lage weerstand worden gebruikt (zie 18.2.2, test 1).

De continuïteit van geleiders in kabels die zijn blootgesteld aan schade (bijvoorbeeld flexibele sleepkabels) moet worden gewaarborgd door passende maatregelen (bijvoorbeeld monitoring).

Zie 12.7.2 voor de vereisten voor de continuïteit van geleiders met behulp van geleidedraden, geleiderstangen en sleepringpakketten.

Het circuit van de beschermende vereffening mag geen schakelapparaat, overstroombeveiliging (bijvoorbeeld schakelaar, zekering) of ander onderbrekingsmechanisme bevatten.

Uitzondering: koppelingen die niet zonder gereedschap kunnen worden geopend en die zich in een gesloten elektrische werkruimte bevinden, mogen worden geleverd voor test- of meetdoeleinden.

Als de continuïteit van het beschermende bindingscircuit kan worden onderbroken door middel van verwijderbare stroomcollectoren of stekker/contactdooscombinaties, moet het beschermende bindingscircuit worden onderbroken door een "first make last break"-contact. Dit geldt ook voor verwijderbare of uitneembare insteekapparaten (zie ook 13.4.5).

#### 8.2.4 Aansluitpunten voor beschermende geleiders

Alle aardgeleiders moeten worden afgesloten in overeenstemming met 13.1.1. De aansluitpunten van de aardgeleiders zijn niet bedoeld om bijvoorbeeld apparaten of onderdelen aan te bevestigen.

Elk aansluitpunt van een beveiligingsgeleider moet als zodanig worden gemarkeerd of gelabeld met het symbool IEC 60417-5019:2006-08, zoals afgebeeld in figuur 5:



**Figuur 5 - Symbool IEC 60417-5019: Beschermende aarde**

of met de letters PE, waarbij het grafische symbool de voorkeur heeft, of door het gebruik van de tweekleurencombinatie GROEN EN GEEL, of een combinatie h i e r v a n .

#### 8.2.5 Mobiele machines

Bij mobiele machines met interne stroomvoorziening moeten de aardgeleiders, de geleidende constructiedelen van de elektrische uitrusting en de niet-geleidende delen die de structuur van de machine vormen, allemaal worden aangesloten op een beschermende aansluitklem om bescherming te bieden tegen elektrische schokken. Wanneer een mobiele machine ook kan worden aangesloten op een externe inkomende stroomvoorziening, moet deze aardklem het aansluitpunt zijn voor de externe aardleiding.

OPMERKING Als de toevoer van elektrische energie is ondergebracht in vaste, mobiele of verplaatsbare apparatuur en als er geen externe toevoer is aangesloten (bijvoorbeeld als er g e e n acculader is aangesloten), hoeft deze apparatuur niet te worden aangesloten op een externe aardleiding.

#### 8.2.6 Aanvullende eisen voor elektrische apparatuur met aardlekstromen van meer dan 10 mA

Wanneer elektrische apparatuur een aardlekstroom van meer dan 10 mA AC of DC in een beschermende geleider heeft, moet aan een of meer van de volgende voorwaarden voor de integriteit van elk deel van het bijbehorende beschermende vereffeningscircuit dat de aardlekstroom draagt, worden voldaan:

- a) de beschermende geleider volledig is ingesloten in elektrische apparatuurbehuizingen of anderszins over de gehele lengte is beschermd tegen mechanische beschadiging;
- b) de beschermende geleider heeft een doorsnede van minstens 10 mm<sup>2</sup> Cu of 16 mm<sup>2</sup> Al;
- c) waarbij de beschermende geleider een doorsnede heeft van minder dan 10 mm<sup>2</sup> Cu of 16 mm<sup>2</sup> Al, is een tweede beschermende geleider met ten minste dezelfde doorsnede

voorzien tot een punt waar de beschermende geleider een doorsnede heeft van minstens 10 mm<sup>2</sup> Cu of 16 mm<sup>2</sup> Al. Hiervoor kan het nodig zijn dat het elektrisch apparaat een aparte klem heeft voor een tweede beschermende geleider.

- d) de voeding wordt automatisch uitgeschakeld als de continuïteit van de aardgeleider wegvalt;
- e) waar een stekker/contactdooscombinatie wordt gebruikt, een industriële connector in overeenstemming met de IEC 60309-reeks wordt voorzien van een toereikende trekонтlasting en een minimale doorsnede van de aardingsgeleider van 2,5 mm<sup>2</sup> als onderdeel van een stroomkabel met meerdere geleiders.

In de installatiehandleiding moet worden vermeld dat de apparatuur moet worden geïnstalleerd zoals beschreven in dit punt 8.2.6.

OPMERKING Er kan ook een waarschuwingslabel naast de PE-aansluiting worden aangebracht om aan te geven dat de stroom van de aardleiding hoger is dan 10 mA.

### 8.3 Maatregelen om de effecten van hoge lekstroom te beperken

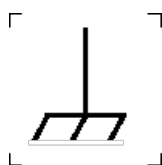
De effecten van hoge lekstroom kunnen worden beperkt tot de apparatuur met hoge lekstroom door die apparatuur aan te sluiten op een specifieke voedingstransformator met afzonderlijke wikkelingen. De beschermende vereffening moet worden aangesloten op blootgestelde geleidende delen van de apparatuur en bovendien op de secundaire wikkeling van de transformator. De beschermende geleider(s) tussen het apparaat en de secundaire wikkeling van de transformator moet(en) voldoen aan een of meer van de in punt 8.2.6 beschreven voorzieningen.

### 8.4 Functionele vereffening

Bescherming tegen verkeerde bediening als gevolg van isolatiefouten kan worden bereikt door aan te sluiten op een gemeenschappelijke geleider in overeenstemming met 9.4.3.1.1.

Voor aanbevelingen met betrekking tot functioneel vereffening op te vermijden slechte werking als gevolg van elektromagnetische storingen, zie 4.4.2 en Bijlage H.

Verbindingspunten voor functionele vereffening moeten als zodanig worden gemarkeerd of gelabeld met het symbool IEC 60417-5020:2002-10 (zie afbeelding 6).



**Figuur 6 - Symbool IEC 60417-5020: Frame of chassis**