

# Criteria voor de selectie van een aardlekbeveiliging

Gebruik van aardlekbeveiliging bij

**SUNNY BOY, SUNNY MINI CENTRAL en SUNNY TRIPOWER**



## Inhoud

---

Bij de installatie van omvormers bestaat er vaak onzekerheid omtrent het gebruik van de juiste aardlekbeveiliging. Bij PV-installaties kan hiervoor vooral de DIN VDE 0100-410 (IEC 60364-4-41:2005) en de DIN VDE 0100-712 (IEC60364-7-712:2002) worden toegepast. Hierbij wordt de aardlekbeveiliging als beveiliging tegen indirecte aanraking (persoonsbeveiliging) gebruikt.

# 1 Verklaring begrippen

---

## 1.1 Veiligheidsmaatregel conform DIN VDE 0100-410 (IEC 60364-4-41:2005)

Volgens deze norm bestaat een veiligheidsmaatregel tegen een elektrische schok uit twee onderdelen:

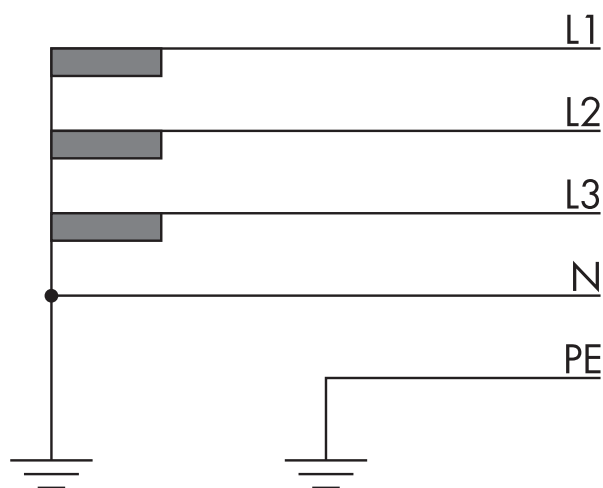
- Basisbeveiliging: beveiliging tegen directe aanraking.
- Foutbeveiliging: beveiliging bij het optreden van een fout. Deze veiligheidsmaatregel treedt in werking zodra de basisbeveiliging niet meer werkt en voorkomt lichamelijk letsel.

Als veiligheidsmaatregel voor de AC-zijdige montage van een PV-installatie wordt meestal een automatische uitschakelingsbeveiliging toegepast.

Naast de isolatie van actieve onderdelen als basisbeveiliging wordt de foutbeveiliging gerealiseerd door middel van equipotentiaalbeveiliging en door een uitschakelinstallatie. Deze moet binnen de voorgeschreven tijd na het optreden van de fout uitschakelen (bij 230 V<sub>AC</sub>: 0,2 s in TT-netwerken of 0,4 s in TN-netwerken).

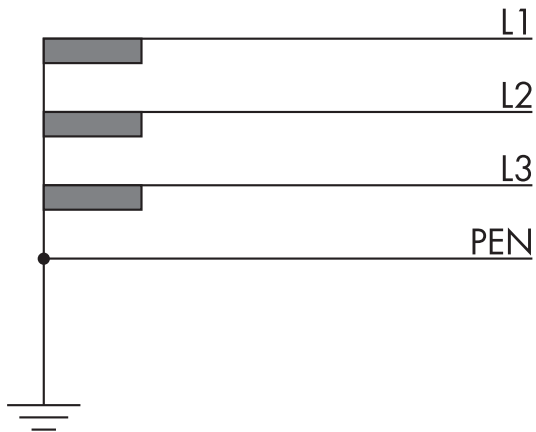
## 1.2 Netvormen

### TT-netwerk

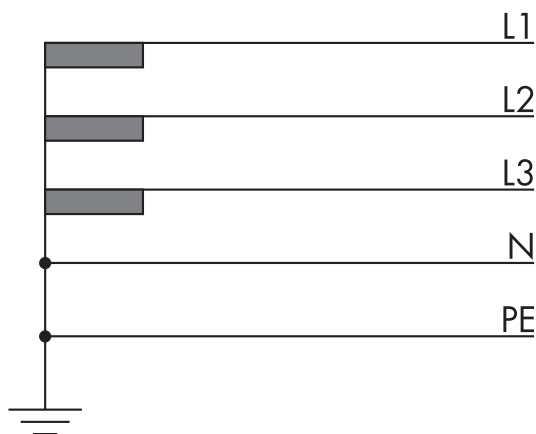


## TN-netwerken

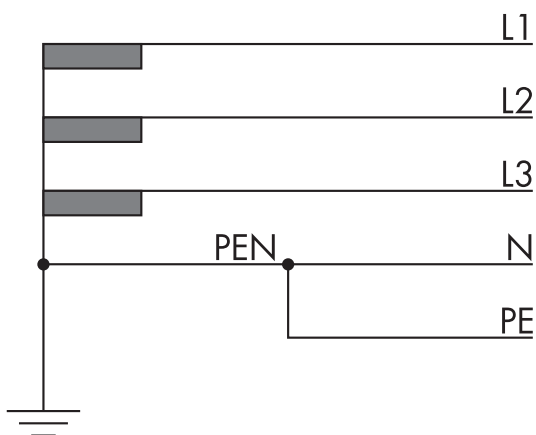
### TN-C-netwerk




### TN-S-netwerk



### TN-C-S-netwerk



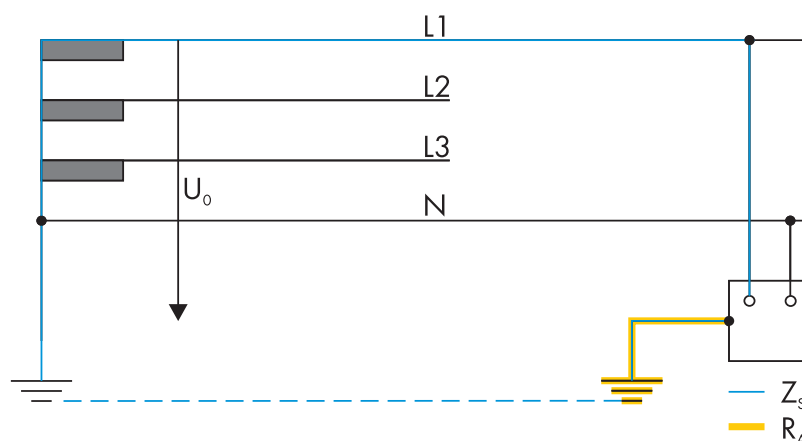
### 1.3 Afkortingen, symbolen en tekens

- LS Leidingbeveiligingsschakelaar
-  Schakelteken voor leidingbeveiligingsschakelaar
- RCD Aardlekbeveiliging ("Residual Current Device")
- RCMU (Gelijk- en wisselstroomgevoelige) aardlekbewakingseenheid ("Residual Current Monitoring Unit")
- $I_{\alpha}$  Stroom die het automatisch uitschakelen binnen de vereiste tijd bewerkstelligt (kortsluitbeveiliging).

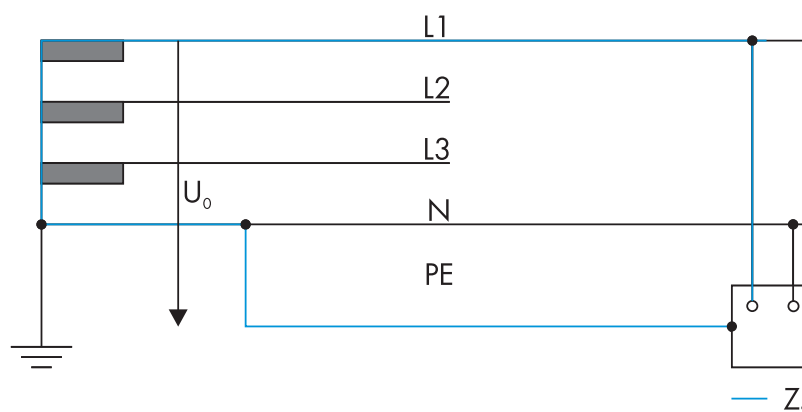
Bij B-karakteristiek van de leidingbeveiligingsschakelaar is het vijfvoudige van de nominale stroom ( $I_{nom}$ ) de LS. Bij C-karakteristiek is dit het 10-voudige; bijv. LS C16A  $\Rightarrow I_{\alpha} = 160$  A.

- $I_{nom}$  Nominale stroom van de LS
- $I_{\Delta f}$  Gemeten verschilstroom van de aardlekbeveiliging
- $R_A$  Som van de weerstanden van de aarding en de aardleiding van het te beschermen lichaam
- $U_0$  Nominale wisselspanning fasedraad tegen aarde
- $Z_S$  Lusimpedantie van de foutlus, bestaande uit stroombron, fasedraad tot de plaats van de fout en aardleiding tussen plaats van de fout en stroombron

•  $R_A$  en  $Z_S$  in het TT-netwerk



•  $Z_S$  in het TN-netwerk



## 2 Mogelijkheden tot uitschakeling

De automatische uitschakeling kan conform DIN VDE 0100-410 (IEC 60364-4-41:2005) bereikt worden door de bescherming van de potentiaalvereffening in combinatie met een leidingbeveiligingsschakelaar of een lekstroombeveiliging.

### 2.1 Automatische uitschakeling door een leidingbeveiligingsschakelaar

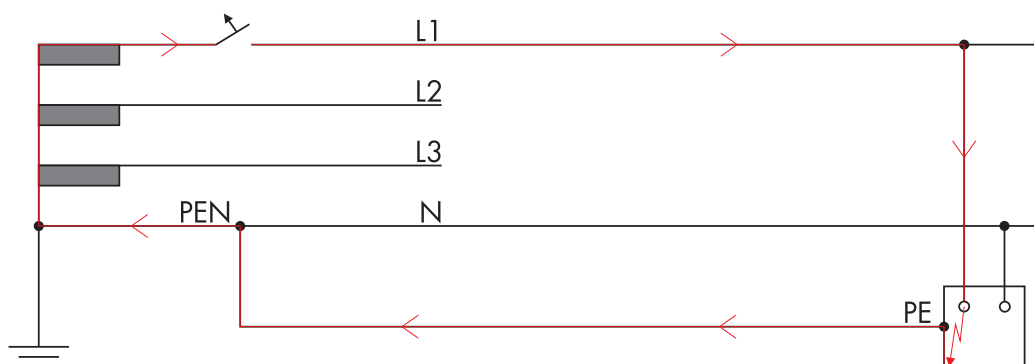
Een leidingbeveiligingsschakelaar garandeert de automatische uitschakeling wanneer er aan de volgende eisen voldaan is:

- TN-netwerk:

Wanneer  $Z_s \leq \frac{U_0}{I_a}$ , kan de LS de bescherming door automatische uitschakeling garanderen.

- TT-netwerk:

- Als foutbescherming moet in de eerste plaats een aardlekbeveiliging worden aangebracht.
- Wanneer  $Z_s \leq \frac{U_0}{I_a}$ , kan echter ook hier de LS de bescherming door automatische uitschakeling garanderen.



Voorbeeld: uitschakeling door leidingbeveiligingsschakelaar bij fout in het TN-C-S-netwerk

## 2.2 Automatische uitschakeling door een aardlekbeveiliging

Een aardlekbeveiliging garandeert de automatische uitschakeling wanneer er aan de volgende eisen voldaan is:

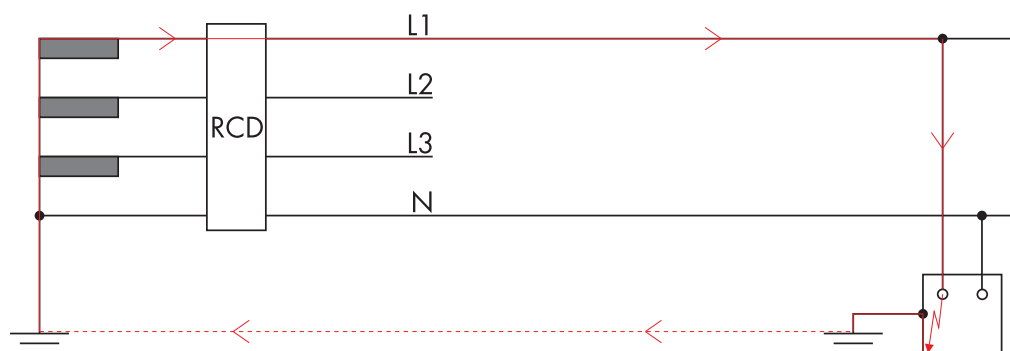
- TN-netwerk:

In het TN-netwerk zijn de foutstromen veel hoger dan de gemeten verschilstroom  $I_{\Delta f}$  van de aardlekbeveiliging, zodat de uitschakeltijden met de aardlekbeveiliging altijd moeten worden aangehouden.

In TN-C-netwerken is de inzet van een aardlekbeveiliging niet toegestaan!

- TT-netwerken:

- Als foutbescherming moet in de eerste plaats een aardlekbeveiliging worden aangebracht.
- Wanneer  $R_A < \frac{50 \text{ V}}{I_{\Delta f}}$ , kan de aardlekbeveiliging de bescherming door automatische uitschakeling garanderen.



Voorbeeld: automatische uitschakeling door een aardlekbeveiliging in het geval van een fout in het TT-netwerk

## 2.3 Keuze van de uitschakelmogelijkheid

Het is noodzakelijk om te onderzoeken of de geboden bescherming van de leidingbeveiligingsschakelaar voldoende is voor de automatische uitschakeling (zie hoofdstuk 2.1 "Automatische uitschakeling door een leidingbeveiligingsschakelaar" (pagina 5)).

- Als dit het geval is, stroomt door de foutkring een stroom (afhankelijk van de hoogte van de lusimpedantie) die hoger is dan de afschakelstroom  $I_a$  (van de kortsluitbeveiliging). De LS kan dus binnen de vereiste tijd uitschakelen.
- Is de lusimpedantie te hoog, dan moet aanvullend een aardlekbeveiliging worden ingezet (met uitzondering in TN-C-netwerken).

## 3 Verdere redenen voor de inzet van een aardlekbeveiliging

---

### 3.1 Installaties voor buitentoepassing

Vaak is men van opvatting dat er voor buiteninstallaties altijd een aardlekbeveiliging moet worden gebruikt. Conform DIN VDE 0100-410 (IEC 60364-4-41:2005) is dit alleen van toepassing op eindstroomcircuits van draagbare bedrijfsmiddelen voor buitentoepassing met een meetstroom tot 32 A.

### 3.2 Eisen van de netwerkexploitanten

Sommige netwerkexploitanten passen de algemene technische aansluitvoorwaarden (TAB) voor hun netwerk aan en wijken hiermee af van de norm. In deze specifieke technische aansluitvoorwaarden kan onder meer het gebruik van een aardlekbeveiliging worden verlangd.

Indien de netwerkexploitant een aardlekbeveiliging vereist, dan zijn het apparaattype en de bedrijfsomstandigheden in de technische aansluitvoorwaarden (TAB) geregeld. Vaak eisen de netwerkexploitanten echter niet expliciet de inzet van een aardlekbeveiliging, maar verlangen slechts een "normen conforme installatie".

### 3.3 Noodzakelijkheid vanwege andere normen

Afhankelijk van de plaats van de installatie en de lokale omstandigheden kan een aardlekbeveiliging op basis van andere normen of voorschriften wellicht noodzakelijk zijn.

Als de installatie bijvoorbeeld in een schuur of in een houten huis uitgevoerd is, is ook de norm DIN VDE 0100-482 (IEC 60364-4-42:2001-08) van toepassing. Op dat moment is een aardlekbeveiliging met een gemeten verschilstroom van maximaal 300 mA om brandveiligheidsredenen noodzakelijk.

De verschillende invloeden zijn echter alleen door een installateur ter plaatse te beoordelen. Standaardinstallaties en de bijzonderheden van PV-installaties worden in hoofdstuk 4 "Keuze van de aardlekbeveiliging voor een PV-installatie" (pagina 8) verklaard.

### 3.4 Extra bescherming

SMA Solar Technology AG adviseert om altijd een aardlekbeveiliging als extra bescherming te installeren om een zo hoog mogelijke mate van veiligheid tot stand te brengen. Deze kan dan ook de functie van een alpolige stroomverbreker vervullen, die vaak als gevolg van andere redenen of voorschriften vereist is.

## 4 Keuze van de aardlekbeveiliging voor een PV-installatie

---

In aanvulling op de bovengenoemde criteria zijn er bij PV-installaties verdere criteria voor de keuze van een aardlekbeveiliging.

### 4.1 Eis uit DIN VDE 0100-712 (IEC60364-7-712:2002)

Indien bedoeld als foutbescherming (zie hoofdstuk 2.2 "Automatische uitschakeling door een aardlekbeveiliging" (pagina 6)), dan wordt in DIN VDE 0100-712 voor transformatorloze omvormers een aardlekbeveiliging van het type B vereist.

Deze eis geldt ook voor omvormers met hoge frequentie transformatoren omdat er geen galvanische scheiding tussen de AC-zijde en de DC-zijde aanwezig is.

Voor omvormers met een lage frequentie transformator geldt deze eis niet.

Een uitzondering op deze voorwaarde wordt gevormd als de producent van de omvormer kan uitsluiten dat er foutgelijkstromen in de installatie kunnen optreden. Dan kan de aardlekbeveiliging, indien noodzakelijk, van het type A zijn.

**Alle SMA omvormers met transformator**, inclusief de SB 2000HF-30, SB 2500HF-30, SB 3000HF-30, en de hierna vermelde transformatorloze SMA-omvormers kunnen vanwege de constructie geen foutgelijkstromen voeden. Ze voldoen aan deze eisen conform DIN VDE 0100-712 (IEC 60364-7-712:2002).

Sunny Boy:

SB 1600TL-10, SB 2100TL, SB 3000TL-20, SB 3000TL-21, SB 4000TL-20, SB 4000TL-21, SB 5000TL-20, SB 5000TL-21

Sunny Mini Central:

SMC 6000TL, SMC 7000TL, SMC 8000TL, SMC 9000TL-10, SMC 9000TLRP-10, SMC 10000TL-10, SMC 10000TLRP-10, SMC 11000TL-10, SMC 11000TLRP-10

Sunny Tripower:

STP 8000TL-10, STP 10000TL-10, STP 12000TL-10, STP 15000TL-10, STP 17000TL-10, STP 15000TLHE-10, STP 20000TLHE-10

De foutmogelijkheden worden onafhankelijk van de foutstroombewakingseenheid (RCMU) onderzocht. In combinatie met een voorgeschakelde aardlekbeveiliging van type A kan er bij de beoordeling van deze fouten volgens de geldende installatienormen geen gevaar ontstaan. Zodoende kunnen fouten worden uitgesloten die het gebruik van een aardlekbeveiliging type B ten gevolge van de omvormer zouden vereisen.



De geïntegreerde gelijk- en wisselstroomgevoelige foutstroombewakingseenheid (RCMU) biedt daarnaast een extra dosis veiligheid. Bij omvormers met aardleidingsbewaking moet deze geactiveerd zijn. Deze verklaringen gelden ook voor varianten van de genoemde apparaten met verschillend vermogen.

## 4.2 Operationele verschilstromen

Bij gebruik van een transformatorloze omvormer ontstaan verschilstromen die door de isolatieweerstand en door de capaciteit van de PV-generator veroorzaakt worden. Om een onbedoelde activering tijdens het gebruik te voorkomen, moet de gemeten verschilstroom van de aardlekbeveiliging minstens 100 mA bedragen.

Elke aangesloten omvormer moet van een gemeten verschilstroom van 100 mA worden voorzien. De gemeten verschilstroom van de aardlekbeveiliging moet minstens overeenstemmen met de som van de gemeten verschilstromen van de aangesloten omvormers. Dat betekent wanneer er bijv. 3 transformatorloze omvormers aangesloten zijn, moet de gemeten verschilstroom van de aardlekbeveiliging ten minste 300 mA bedragen.

Voor de omvormertypes SB 1600TL, SB 2100TL, SMC 6000TL, SMC 7000TL en SMC 8000TL mogen alleen de volgende soorten aardlekbeveiliging worden gebruikt:

- Aardlekbeveiliging type A van ABB van het type F202A-xx/0,x of F204A-xx/0,x
- Aardlekbeveiliging type A van Siemens van het type 5SM1.... of 5SM3....

Verdere aardlekbeveiligingen van andere fabrikanten bevinden zich nog in de testfase.

Hierbij moet er rekening mee worden gehouden dat de activeringsstromen door de operationele DC-verschilstromen enigszins (0 - 30 %) boven de gemeten verschilstroom van de gebruikte aardlekbeveiliging kunnen liggen. Afwijkend van de in hoofdstuk 2.2 "Automatische uitschakeling door een aardlekbeveiliging" (pagina 6) genoemde voorwaarde voor de inzet van een aardlekbeveiliging geldt in dit geval:

Wanneer  $R_A < \frac{50 \text{ V}}{1,3 \times I_{\Delta I}}$ , kan de aardlekbeveiliging de bescherming door automatische uitschakeling garanderen.

Als de inzet van de bovengenoemde aardlekbeveiliging niet mogelijk is, dan is het raadzaam om over te schakelen naar andere omvormers.

Als aan de bovengenoemde criteria wordt voldaan, kunnen PV-installaties conform de normen en ook tegen optimale kosten worden geplaatst. Vooral de geschiktheid van de genoemde transformatorloze SMA omvormers voor aardlekbeveiligingen van het type A maken het installeren met een minimum aan kosten mogelijk.

## 5 Berekeningsvoorbeelden

---

Aan de hand van 2 voorbeelden wordt de keuze van een geschikt bedrijfsmiddel als foutbeveiliging door automatische uitschakeling geïllustreerd. Hierbij wordt uitgegaan van het feit dat tegelijk de hiervoor vereiste equipotentialbeveiliging wordt uitgevoerd. De gebruikte waarden zijn voorbeelden die niet kunnen worden gebruikt als richtwaarden voor het desbetreffende netwerk of de toepassing.

### 5.1 Berekeningsvoorbeeld 1

#### **1 Sunny Boy SB 2100TL; beveiliging met een LS B16A; TN-netwerk; lusimpedantie $Z_s = 1,5 \Omega$ ; schuurdak:**

- De LS B16A heeft een kortsluitingsafschakelstroom  $I_a$  van 80 A  
(B-karakteristiek: factor 5;  $I_{nom}$  van de LS = 16 A  $\Rightarrow$   $5 \times 16 \text{ A} = 80 \text{ A}$ ).
- Bij 230 V kan via de foutkring 153 A lopen ( $\frac{230 \text{ V}}{1,5 \Omega} = 153,3 \text{ A}$ ).
- De 153 A is hoger dan de vereiste 80 A afschakelstroom van de LS. De LS schakelt veilig binnen de voorgeschreven tijd uit.
- De LS B16A voldoet als foutbeveiliging tegen indirecte aanraking.
- Omdat het hierbij om een schuur gaat, moet in dit geval nog een extra aardlekbeveiliging type A met een gemeten verschilstroom van maximaal 300 mA geïnstalleerd worden. Dit is voor brandveiligheidsredenen conform DIN VDE 0100-482 (IEC 60364-4-42:2001-08) noodzakelijk.

## 5.2 Berekeningsvoorbeeld 2

### 3 Sunny Mini Centrals SMC 6000TL; beveiliging met telkens een LS C32A; TT-netwerk; lusimpedantie $Z_s = 0,2 \Omega$ ; $R_A = 1,1 \Omega$ :

- De LS C32A heeft een kortsluitingsafschakelstroom van 320 A (C-karakteristiek: factor 10;  $I_{nom}$  van de LS = 32 A  $\Rightarrow 10 \times 32 \text{ A} = 320 \text{ A}$ ).
- Bij 230 V kan via de foutlus 177 A stromen ( $\frac{230 \text{ V}}{1,3 \Omega} = 177 \text{ A}$ ).
- De 177 A zijn lager dan de noodzakelijke 320 A afschakelstroom van de LS. Hierdoor schakelt de LS **niet gegarandeerd** binnen de voorgeschreven tijd uit.
- De LS C32A is **niet** voldoende als foutbescherming tegen indirect aanraken.

#### 1e mogelijkheid: toepassing van een andere LS (voorzover mogelijk)

- Bij gebruik van een LS B32A ligt de kortsluitingsafschakelstroom bij 160 A (B-karakteristiek: factor 5;  $I_{nom}$  van de LS = 32 A  $\Rightarrow 5 \times 32 \text{ A} = 160 \text{ A}$ ).
- De afschakelstroom van de LS met B-karakteristiek zou lager dan 177 A zijn en deze zou stromen in geval van een fout. Hierdoor zou deze leidingbeveiligingsschakelaar binnen de voorgeschreven tijd worden uitgeschakeld.
- De LS B32A is voldoende als foutbescherming tegen indirect aanraken.

#### 2e mogelijkheid: toepassing van een aardlekbeveiliging

- In het geval er geen andere leidingbeveiligingsschakelaar kan worden toegepast, dan moet voor de foutbescherming een aardlekbeveiliging worden ingezet.
- Aangezien er 3 transformatorloze omvormers worden ingezet, moet de gemeten verschilstroom volgens hoofdstuk 4.2 "Operationele verschilstromen" (pagina 9) minstens 300 mA bedragen. Dan wordt een aardlekbeveiliging met een gemeten verschilstroom  $I_{\Delta f}$  van 500 mA gekozen.
- Bovendien moet volgens de voorwaarde uit 4 b (vgl. pagina 9) worden onderzocht of de beschermende werking voldoende is:
  - $R_A = 1,1 \Omega < \frac{50 \text{ V}}{1,3 \times I_{\Delta f}}$ , dus  $R_A < \frac{50 \text{ V}}{1,3 \times 0,5 \text{ A}} = 76,9 \Omega$
- Een aardlekbeveiliging type A met een gemeten verschilstroom  $I_{\Delta f}$  van 500 mA garandeert de foutbescherming tegen indirect aanraken.