

Uitgelegd: het aarden van pv in combinatie met de blikseminstallatie



Zonnepanelen en de blikseminstallatie (plus het bijbehorende aardingssysteem) worden eigenlijk altijd door verschillende bedrijven geplaatst. Als beide installaties aanwezig zijn, dan moeten deze bij elkaar passen en mogelijk worden gekoppeld. In dit artikel meer over aarding op het scheidsvlak van beide disciplines.

Aarden is een algemeen begrip. Een onderscheid moet worden gemaakt tussen veiligheidsaarding, functionele aarding en een aardsysteem voor de blikseminstallatie.

Veiligheidsaarding bij pv-systemen

In NEN 1010 wordt aarding beschreven voor het beschermen van mensen en dieren tegen aanrakingsgevaar en brandgevaar. Deze veiligheidsaarding wordt toegepast als een beschermingsmaatregel tegen foutbescherming. Het principe daarbij is het volgende: doet zich in de pv-omvormer een aardsluiting voor, dan moet razendsnel het beveiligingstoestel in de voorliggende schakel- en verdeelinrichting automatisch uitschakelen binnen de voorgeschreven tijd. In NEN 1010, bepaling 411.3.2, staat de maximale uitschakeltijd vermeld. Voor een (vast aangesloten) omvormer geldt in een TN-stelsel: $t < 5$ s, voor een TT-stelsel geldt: $t < 1$ s.

Bij voorkeur moet het foutstroomcircuit een zodanig lage weerstand hebben dat de waarde van de foutstroom zodanig hoog is, dat een overstroombeveiliging (smeltpatroon of installatie-automaat) uitschakelt binnen de beschreven tijd. Lukt dit niet, zoals het geval zou

kunnen zijn in een TT-stelsel, dan zal een aardlekschakelaar in het circuit moeten worden opgenomen. Gebruik hiervoor bijvoorbeeld een ΔI_n 300 mA-aardlekautomaat.

Let op: een ΔI_n 30 mA-aardlekschakelaar is in dit circuit niet vereist en daarbij, door de gevoeligheid, geen passende keuze (zie NEN 1010, bepaling 3.14 en bepaling 411.3.3).

Of er wel of geen aardlekschakelaar in de voorliggende schakel- en verdeelinrichting moet worden toegepast, moet in de ontwerpfase worden bepaald. Bij opname kan hiervoor het type stroomstelsel in het pand worden bepaald en de circuitweerstand ($Z_{L,PE}$) worden gemeten.

De circuitweerstand moet voldoende laag zijn. De overstroombeveiliging (smeltpatroon/automaat) in de voorliggende schakel- en verdeelinrichting bepaalt hoe laag.

Voor andere beveiligen kan de maximale weerstand als volgt worden bepaald:

- Bepaal de noodzakelijk foutstroom om het beveiligingstoestel aan

beveiliging	TT (1 s)	TN (5 s)
smeltpatroon 16 A gF	3,5 Ω	4,2 Ω
smeltpatroon 16 A gG	3 Ω	3,8 Ω
installatieautomaat B 16 A	2,9 Ω	2,9 Ω
installatieautomaat C 16 A	1,4 Ω	1,4 Ω

Tabel 1. Maximale weerstandwaarde van het foutstroomcircuit (voor vast aangesloten pv-omvormer).



te laten spreken binnen respectievelijk 1 (TT-stelsel) en 5 seconden (TN-stelsel). Voor smeltpatronen kan dit met de karakteristieken, voor installatie-automaten geldt dat de aanspreekstroom (I_A) bij:

- type B automaat: $I_A = 5 \times I_n$
- type C automaat: $I_A = 10 \times I_n$

- Bereken $Z_{L-PE} E \leq 230 V / I_A$

Als een aardlekschakelaar in het circuit is toegepast dan geldt $Z_{L-PE} < 166 \Omega$. Beter is een (veel) lagere waarde voor Z_{L-PE} . Streef naar $Z_{L-PE} < 10 \Omega$. Mocht een aardlekschakelaar haperen, dan zal alsnog de overstroombeveiliging na enige tijd aanspreken.

Vereffening

Of het draagsysteem op het dak moet worden vereffend, is een vraag die niet zomaar met ja of nee kan worden beantwoord. NEN 1010, bepaling 712.54: 'Waar potentiaalvereffening nodig is, moeten de metalen frames waaraan de pv-panelen zijn bevestigd, met inbegrip van de metalen kabeldraagsystemen, worden vereffend.

fend. De vereffening moet worden aangesloten op een geschikt aardingsaansluitpunt. Aansluitpunten van een bliksembeveiligingsinstallatie worden hiervoor niet geschikt geacht.'

Wel of niet vereffenen?

- Pv-panelen en de toegepaste leidingen zijn klasse II-materiaal. Aan de eisen voor foutbescherming volgens NEN 1010 is hierdoor al voldaan. Metalen draagsystemen hoeven om deze reden niet 'geaard' te worden.
- Is het draagsysteem een vreemd geleidend deel? Vreemd geleidende delen zijn metalen constructies die een vreemd potentiaal kunnen krijgen (door een gebrek in de installatie) en dit kunnen verslepen, of zijn delen die het aardpotentiaal aannemen (elektrisch verbonden zijn met de aarde, zoals spanten, damwandprofielen, metalen leidingen in de beton in een gebouw enzovoort). Bij omvangrijke pv-installaties, vooral daar waar contact met geleidende bouwconstructies is gemaakt, is dit contact reëel en is vereffening nodig.
- Materieel moet worden geïnstalleerd volgens de handleiding geleverd door de fabrikant. Dit is een uitgangspunt van NEN 1010, hoofdstuk 1. Staat in de handleiding van de fabrikant dat de panelen en/of het draagsysteem moet worden vereffend, dan moet dit ook gebeuren.
- Door capacatieve koppeling kan een metalen frame en kabeldraagconstructie worden geladen. Er kan dan een potentiaalverschil ontstaan ten opzichte van de aarde. Als het frame wordt aangeraakt, dan kan er een ontladstroompje door het lichaam lopen. Het schokeffect hangt samen met de omvang van het pv-systeem. Hoe groter, hoe meer leidingen ten opzichte van de metalen delen, des te groter de capaciteit en de mogelijke lading daarop. Bij kleine systemen op een woning hoeft dit in het algemeen niet, maar omvangrijke systemen worden om deze reden vereffend. Het metalen frame moet dan worden vereffend met de veiligheidsaarding in het gebouw. Een PE-aansluitpunt (aardrail) kan hiervoor worden geïnstalleerd nabij de omvormer of daar waar de leidingen het gebouw binnenkomen. Als pv-draagsystemen en de bijbehorende metalen leidingdraagsystemen worden vereffend, is het belangrijk dat ook de andere vreemdgeleidende delen, die gelijktijdig aanraakbaar zijn op het dak, worden vereffend. Anders kan het vereffenen van het pv-systeem wel eens gevaarlijker zijn dan niet vereffenen. Immers, stroom loopt er pas door wanneer een persoon het een potentiaalverschil overbrugt. De vereffeningleidingen moeten in hetzelfde leidingtraject worden gelegd als de DC-leidingen (van het dak naar de omvormer) en de AC-leiding (tussen de omvormer en de schakel- en verdeelinrichting).

Aarden en overspanningsbeveiligingen

Omvangrijke pv-systemen moeten worden voorzien van overspanningsbeveiligingen (OVBS). NEN 1010, bepaling 712.534, beschrijft deze eisen. Overspanningsbeveiligingen zullen aanspreken (laagohmig worden) als de spanning te hoog wordt. Zij worden aangesloten

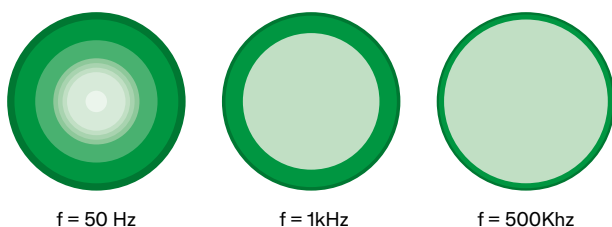
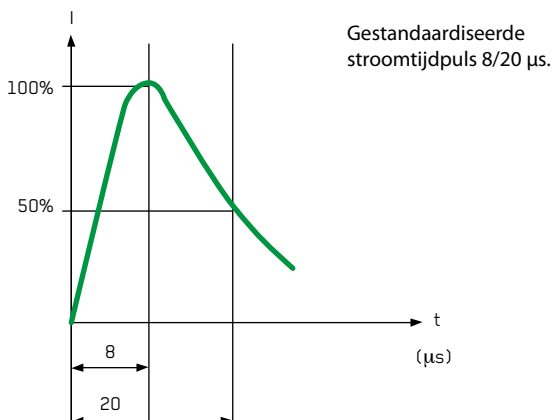
laagfrequent	hoogfrequent
50 Hz	30 kHz
$R = (l \times \rho) / A$ ($\rho_{Cu} = 0,0175 \Omega\text{m}/\text{mm}^2$)	$Z = \sqrt{R^2 + X_L^2}$
ρ = weerstand van de draad (Ω)	$X_L = 2\pi fL$
l = lengte van de draad (m)	Z = impedantie (hoogfrequent weerstand) (Ω)
ρ = soortelijke weerstand ($\Omega\text{m}/\text{mm}^2$)	ρ = weerstand (Ω)
	X_L = schijnbare weerstand van de spoel (Ω)

Tabel 2. Gedrag van materieel, laagfrequent en hoogfrequent.

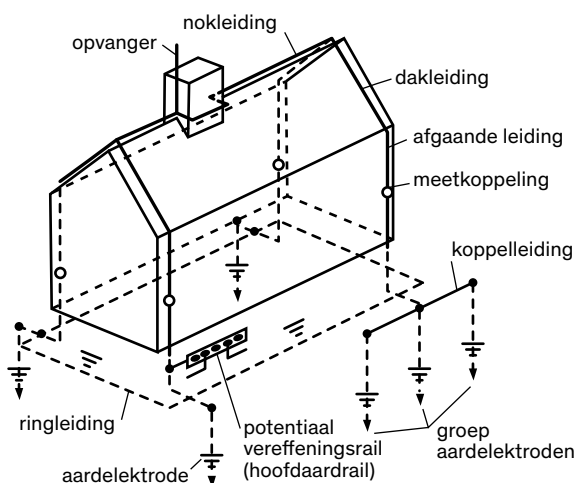
tussen de actieve delen en het aardsysteem. De oVb's en de aardrail waarop deze zijn aangesloten, moeten op een toegankelijke plaats worden aangebracht, bijvoorbeeld waar de geleiders van de pv-installatie het pand binnenkomen of nabij de omvormer. De vereffeningleiding die deze aardrail verbindt met de schakel- en verdeelinrichting, moet een voldoende grote doorsnede hebben om:

- HF-stroom te kunnen voeren (een lage impedantie hebben);
- bliksemdeelstromen naar aarde te kunnen voeren;
- een goede vereffening te realiseren.

Door een directe of indirecte blikseminslag de spanning op de DC-leidingen ten opzichte van het aardsysteem hoog wordt, dan zorgen oVb's ervoor dat er kortstondig 'kortsluiting' wordt veroorzaakt. Hierdoor blijft de spanning beperkt en wordt de omvormer en apparatuur in de schakel- en verdeelinrichting (en wat daarop is aange-



Het skineffect.



Het principe van een uitwendige blikseminstallatie.

sloten in het pand) niet beschadigd.

De stootspanningsvastheid van de oVb's moet voldoende hoog zijn. NEN 1010, tabel 712.2, vermeldt de minimale waarde afhankelijk van de uOC (de maximale open DC-spanning die door de panelen in serie wordt opgewekt).

Uitwendige Blikseminstallatie

Een uitwendige blikseminstallatie beschermt een gebouw tegen blikseminslag. Zo'n installatie omvat een opvanginstallatie, een afleidingsysteem en een aardsysteem, en vormt een maasvormige kooi om het gebouw.

Als de bliksem inslaat op een gebouw voorzien van een uitwendige blikseminstallatie, dan loopt de stroom niet door het gebouw, maar door de daarvoor bedoelde geleiders van deze blikseminstallatie.

Een bliksemstroom is een stroompuls die zijn maximale waarde, bijvoorbeeld 100 kA, bereikt in 8 μ s. Deze stroom gedraagt zich hoogfrequent, circa 30 kHz. Om hoogfrequente stroom te geleiden, moet de impedantie van het aardsysteem naar aarde laag zijn, bij voorkeur elke aardelektrode $R_A < 10 \Omega$.

Om HF-stroom te geleiden, moeten geleiders een lage impedantie hebben. Dit vereist in het algemeen een (veel) grotere doorsnede, omdat slechts het huidje van een geleider als nuttige geleider werkt (skinn-effect). Bij blikseminstallaties worden om deze reden geleiders toegepast van 25 – 50 mm². Deze doorsnede is ook noodzakelijk om oVb's te laten werken.

De eisen aan een uitwendige blikseminstallatie zijn beschreven in NEN-EN-IEC 62305-3 (algemeen) en NPR 1014 (aanvullend met praktische voorbeelden). Als een uitwendige blikseminstallatie is aangebracht op een pand, dan moet deze worden vereffend met de veiligheidsaarding-installatie in dat pand. Dit gebeurt praktisch door op grondniveau de uitwendige blikseminstallatie met een geleider $A \geq 25 \text{ mm}^2$ te verbinden met de hoofdaardrail. Als deze verbinding niet wordt gemaakt, dan zal bij een blikseminslag de spanning tussen de uitwendige blikseminstallatie en alle metalen voorwerpen die verbonden zijn met de veiligheidsaarding (stalen spanten, metalen gestellen, metalen leidingen, wellicht het draagframe van de pv-installatie enzovoort) zo hoog zijn, dat alsnog doorslag plaatsvindt met schade aan het gebouw en elektrisch materieel als gevolg. De hoge spanning zorgt voor 'zijn eigen stroompad'.

Dit is als volgt te verklaren: stel $I = 100 \text{ kA}$ en $Z_A = 5 \Omega$ (impedantie naar aarde). Dan is de spanning tussen de blikseminstallatie en metalen verbonden met de veiligheidsaarding 500 kV.

Daar waar metalen, verbonden met de veiligheidsaarding, zich te dicht bij de bliksembeveiligingsinstallatie bevinden, zal doorslag optreden. Deelstromen gaan dan ook door de pv-installatie, veiligheidsaardingsinstallatie of door de metalen bouwconstructies naar aarde lopen. Komt de spanning boven de 1.000 V/mm dan kan de lucht doorslaan. In het fictieve rekenvoorbeeld betekent dit dat de afstand tussen metalen delen van de pv-installatie en de uitwendige blikseminstallatie groter moet zijn dan 50 cm.

In NEN-EN-IEC 62305. 5.2 (Bliksembeveiliging) staat beschreven dat metalen objecten die niet in beschermd gebied liggen van een andere opvanger en meer dan 30 cm uitsteken boven het dakvlak, of een oppervlakte hebben groter dan 1 m², of een uitgestrektheid hebben groter dan 2 m, of zich dichterbij dan 50 cm van de blikseminstallatie bevinden, moeten worden vereffend met het daknet. Als het metaal een voldoende dikte heeft, kan het dienst doen als opvanger en worden gekoppeld met het daknet.

Een pv-draagsysteem heeft een afmeting die gebruikelijk veel groter is dan de hiervoor vermelde criteria.

NEN 1010, bepaling 712.534.1: 'Het pv-systeem moet worden geïnstalleerd binnen beschermd gebied. Alle leidingen moeten worden geïnstalleerd op een voldoende grote afstand van de blikseminstallatie. Indien hieraan niet kan worden voldaan, moet het pv-systeem worden verbonden met de blikseminstallatie via een systeem voor potentiaalvereffening, zoals beschreven in NEN-EN-IEC 62305-3.'

Elektrische toestellen op het dak koppelen?

NPR 1014: 'Metalen delen die een rechtstreekse verbinding hebben met een elektrische of elektronische installatie binnen het gebouw behoren waar mogelijk te zijn voorzien van een vrijstaande opvangster, die op een afstand $d > s$ van het metaal is geplaatst. Als dit niet kan, dan moeten de metalen ter plaatse worden vereffend.'

Elektrisch materieel op het dak, zoals het draagsysteem en metalen leidingdragers van de pv-installatie, maar ook airco- en ventilatie-units, moeten dus bij voorkeur worden beschermd tegen de gevolgen van een directe blikseminslag door het plaatsen van een vrijstaande opvangster. Dit kan met verticale opvangstaven of een vangdraad. De opvangsters moeten zo worden geplaatst, dat het gehele pv-systeem in beschermd gebied ('onder moeders paraplu') valt. Welke beschermingshoek (α) daarbij moet worden gekozen, hangt af van de beveiligingsklasse (LPL I, II, III of IV) en de hoogte (h) van het gebouw (figuur 5 en tabel 3).

Alle metalen delen van de uitwendige blikseminstallatie, zoals de vrijstaande opvangster, een daknet of afgaande leidingen richting de grond, moeten op voldoende afstand van de pv-installatie en het leidingtraject worden geplaatst, om overslag te voorkomen. Op basis van NEN-EN-IEC 62305 kan deze minimale afstand (S) als volgt worden berekend: $S = k_i \times k_c \times L$

k_i : een getal afhankelijk van de gekozen beschermingsklasse:

0,08 voor LPL I (hoogste beschermingsgraad), 0,06 voor LPL II, 0,04 voor LPL III en IV (laagste beschermingsgraad).

k_c : een factor gerelateerd aan het gedeelte van de bliksemstroom dat door de geleider loopt (waar je de afstand van wil bepalen). Bij één opvangster en één afgaande leiding geldt: $k_c = 1$. Als slechts 25 procent van de bliksemstroom door de geleider loopt geldt: $k_c = 0,25$ enzovoort.

L : de lengte van de (bliksem)stroomvoerende-geleider vanaf de plaats waar overslag te verwachten is, tot daar waar deze is verbonden met de vereffeningsleiding naar de HAR.

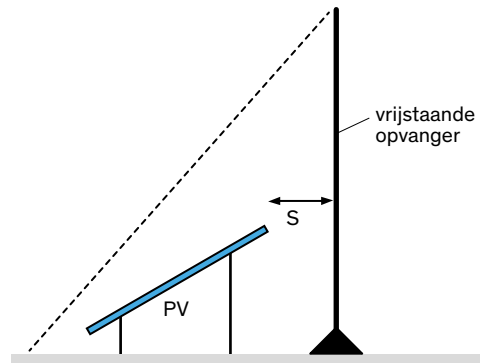
Voorbeeldberekening S:

Stel:

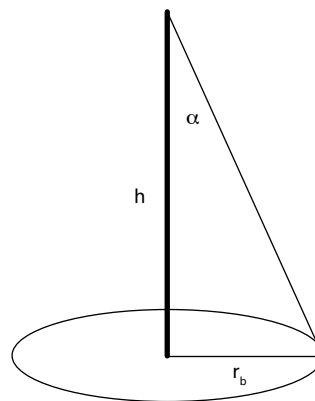
LPL I: $k_i = 0,08$, opvangster kan volledige bliksemstroom voeren dus $k_c = 1$, afstand $L = 10$ m. Afstand tussen pv en opvangster en daknet: $d > 0,08 \times 1 \times 10 \text{ m} = 80 \text{ cm}$.

Als slechts alleen het daknet nabij de pv-installatie loopt, zal slechts een gedeelte van de bliksemstroom dit pad voeren, waardoor k_c kleiner wordt en de afstand S ook kleiner mag zijn.

Alleen als de afstand niet haalbaar is, dan moet het pv-draagsysteem,



Pv-systeem in beschermd gebied.



De minimale beschermingshoek (zie ook tabel 3), waarbij h de hoogte van de opvangster is, α de beschermingshoek en r_b de straal van de beschermde zone.

de metalen kabelgoten en dergelijke, op regelmatige afstand worden vereffend met de opvangsterinrichting/het daknet van de blikseminstallatie. In de praktijk zal dit aanpassingen vergen aan de uitwendige blikseminstallatie. Als besloten wordt de systemen te koppelen/vereffenen dan zijn overspanningsbeveiligingen noodzakelijk om schade aan het elektrisch materieel, zoals de omvormer en de schakel- en verdeelinrichting en alle elektrisch materieel in het gebouw, bij een blikseminslag te voorkomen. Deelstromen gaan nu immers door de pv-installatie en door de leidingen die daarmee zijn verbonden, naar binnen. ●

h (m)	LPL IV		LPL III		LPL II		LPL I	
	α (°)	r_b (m)	α (°)	r_b (m)	α (°)	r_b (m)	α (°)	r_b (m)
1	79	5,1	77	4,3	72	3,1	70	2,7
2	79	10,3	77	8,7	72	6,2	70	5,5
3	78	14,1	75	11,2	70	8,2	67	7,1
4	75	14,9	72	12,3	68	9,9	63	7,9
5	73	16,4	70	13,7	65	10,7	59	8,3

Tabel 3. Hoogte vrijstaande opvangster, beschermingshoek en straal bewaakt oppervlak (voor de gehele tabel: zie NPR 1014, tabel 7).