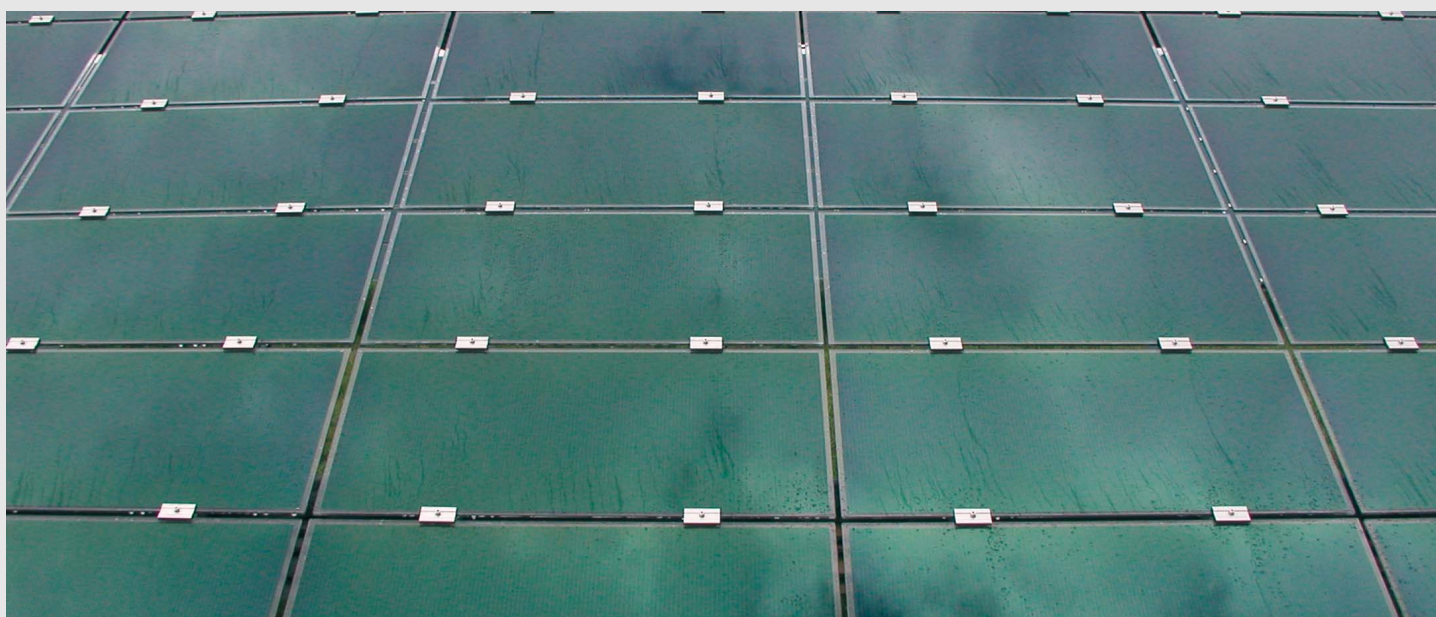


Moduletechniek

SMA omvormers bieden voor elke module de juiste oplossing



Inhoud

Naast PV-modules van kristallijn silicium komen voortdurend nieuwe celtechnologieën op de markt en worden de gebruikelijke PV-modules steeds verder ontwikkeld. Hierbij bieden innovatieve technologieën, zoals dunne-filmmodules en cellen met rugcontacten, veelbelovende voordelen, bijvoorbeeld lage productiekosten, korte amortisatietijden of bijzonder hoog rendement.

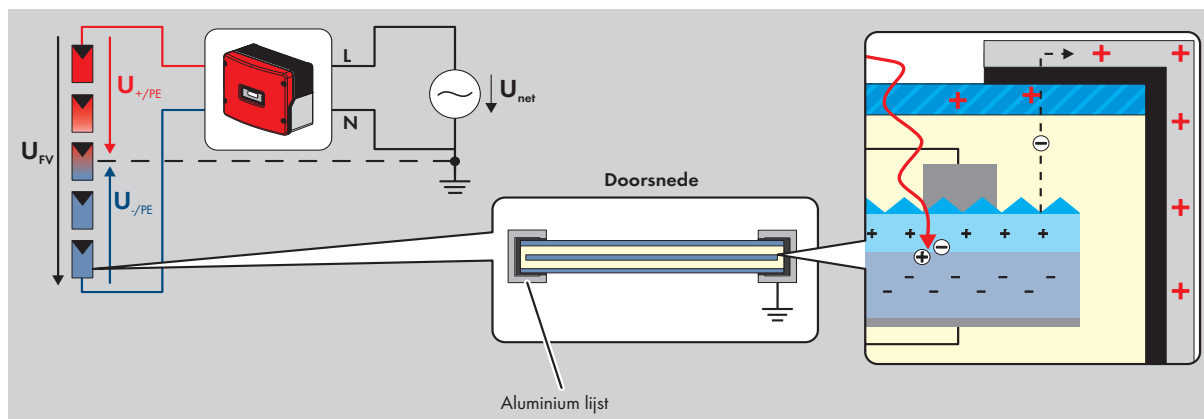
Enkele technologieën kunnen echter alleen onder bepaalde voorwaarden worden toegepast. Daarom moeten bij de toepassing van PV-modules altijd de installatieadviezen van de fabrikant in acht worden genomen.

Door het veelzijdige aanbod van diverse topologieën kunnen de SMA omvormers in combinatie met optionele aanvullende uitrustingen zo flexibel worden toegepast dat voor elke moduletechniek het optimale apparaat beschikbaar is. Deze technische informatie beschrijft de huidige stand van kennis over het gebruik van verschillende cel- en moduletechnologieën. Deze informatie wordt aangevuld door concrete aanbevelingen voor de keuze van de passende omvormer.

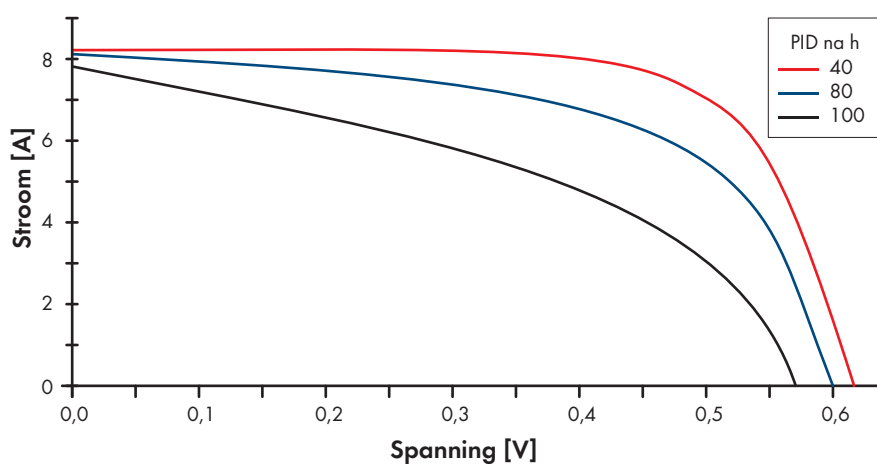
1 Potential Induced Degradation (PID)

In de laatste tijd hebben veel installateurs en exploitanten over een niet verklaarbaar vermogensverlies gehoord of gelezen. Dit fenomeen doet zich vooral voor bij de PV-module die het dichtst bij de minpool ligt. Hier bedraagt de potentiaal (spanning tegen aarde) van de zonnecellen normaal gesproken afhankelijk van de lengte van een string en van het type van de gebruikte omvormer tussen -200 V en -350 V . Het frame van de PV-module vertoont daarentegen een potentieel van 0 V , omdat deze om veiligheidsredenen moet zijn geaard.

Door deze elektrische spanning tussen zonnecellen en frame kan het voorkomen dat elektronen zich losmaken uit de in de PV-module gebruikte materialen en via het geaarde frame wegvloeien (afbeelding 1). Hierdoor ontstaat een oplading (polarisatie) die de karakteristieke curve van de zonnecellen nadelig kan veranderen (afbeelding 2). Er is gebleken dat zulke polarisaties meestal reversibel, dus omkeerbaar zijn. Daarom onderscheidt men ze van onomkeerbare effecten, zoals corrosie en normale veroudering.



Afbeelding 1: Opslag van elektrische ladingen door een lekstroom tussen zonnecel en moduleframe



Afbeelding 2: De karakteristieke curve van een PV-module voor en tijdens het degradatieproces. Kenmerkend is een vervlakking van de karakteristieke curve, waarbij de nullastspanning en de kortsluitingsstroom bijna onveranderd blijven, maar het maximale vermogen (MPP) met maximaal 70 % wordt gereduceerd.*

Polarisaties waren in het verleden slechts bekend bij enkele celtypen, waarvan de fabrikanten op een dergelijke werking wezen. Sinds kort vertonen echter ook andere celtypen deze fout. Er kunnen dus twee gevallen worden onderscheiden:

- Al jaren wijst de firma SunPower erop dat haar modules met A-300 cellen (n-type) bij bedrijf onder een positieve elektrische potentiaal polariseren. Als remedie werd een aarding van de positieve generatorpool aanbevolen.
- Bij veel van de sinds kort optredende gevallen gaat het ook om fabrikanten met p-type cellen. Hier wordt de polarisatie echter door een negatieve potentiaal veroorzaakt en kan door aarding van de negatieve generatorpool worden voorkomen.

Als de generator op grond van de toegepaste omvormer niet kan worden geaard of de PV-modules al gepolariseerd zijn, dan helpt alleen een neutralisering van de polarisatie. Hiervoor heeft SMA Solar Technology AG de zogenaamde PVO-Box ontwikkeld, die 's nachts een omgekeerde spanning op de desbetreffende pool legt. Meer informatie over dit onderwerp vindt u in de technische informatie "Potential Induced Degradation" (zie www.SMA-Benelux.com).

2 TCO-corrosie

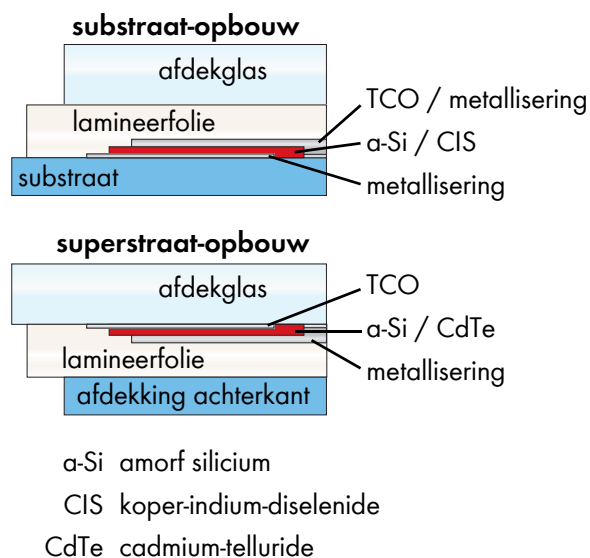
Al na relatief korte bedrijfstijd is in het verleden bij enkele dunne-filmmodules een beschadiging van de zogenaamde TCO-laag vastgesteld (TCO: Transparent Conductive Oxide). De beschadiging van deze elektrisch geleidende laag aan de binnenkant van het afdekglas kan niet meer hersteld worden en veroorzaakt aanzienlijk vermogensverlies.

Oorzaken

De oorzaken voor de TCO-corrosie worden sinds het jaar 2000 door het Florida Solar Energy Center (FSEC) onderzocht. Hierbij is geconstateerd dat dit vooral modules met cellen van α -Si en CdTe betreft, die met superstraat-technologie worden geproduceerd. Bij deze productiemethode worden de afzonderlijke lagen van de module vanaf het afdekglas opgebouwd.

De TCO-corrosie ontstaat vooral aan de rand van de PV-module door de reactie van vocht met natrium dat deel uitmaakt van het afdekglas.

Door de corrosie wordt het TCO melkachtig en verliest zijn geleidende eigenschappen. De prestatie van de PV-module neemt dan steeds meer af.



* volgens J. Berghold et al.: „Potential Induced Degradation of Solar Cells and Panels“; 25th EU PVSEC / 5th World Conf. on PV Energy Conversion, 6-10 September 2010, Valencia, Spain

Oplossingen

- De corrosie is direct afhankelijk van lekstromen en deze van de potentiaal van de PV-generator tegen aarde. In tegenstelling tot de PV-spanning tussen plus en min is de spanning tegen aarde bij de configuratie nauwelijks relevant. Deze is afhankelijk van de omvormertopologie zeer verschillend (zie hoofdstuk 5 "Potentiaal tegen aarde", pagina 6). De lekstromen kunnen weliswaar enigszins worden gereduceerd door de afstand tussen PV-modules en geaarde structuren (bijv. moduleframe) tot een maximum te verhogen. De keuze van een bepaalde omvormertopologie alleen kan het probleem echter niet oplossen.
- Door het gebruik van galvanisch scheidende omvormers en de negatieve aarding van de PV-generator met de aardingsset (bestelnummer: ESHV-N-NR) ontstaat een elektrisch veld, waarin de positief geladen natriumionen van de TCO-laag worden afgestoten. Corrosie wordt hiermee gegarandeerd voorkomen. Deze maatregel verdient de voorkeur.
- Daarnaast ontwikkelen de modulefabrikanten maatregelen om dit effect te voorkomen. Zo wordt bijvoorbeeld door een betere afdichting van de moduleranden voorkomen dat er vocht binnendringt, zodat de oorzaak van het corrosieproces wordt opgeheven.

3 Capacitieve afleidstromen

Een PV-module vormt een elektrisch oplaadbaar oppervlak dat tegenover een geaard frame staat. Een dergelijke opstelling gedraagt zich als een elektrische condensator, waarvan de capaciteit groter is naarmate het oppervlak groter en de afstand tot de geaarde tegenpool (frame) kleiner is. Omdat deze capaciteit hier als ongewenst neveneffect optreedt, spreekt men ook wel van een "parasitaire capaciteit". De capaciteit kan worden berekend aan de hand van de volgende formule en is afhankelijk van vier factoren:

$$C = \epsilon_0 \epsilon_r \times A \div d$$

Betekenis van de factoren:

Factor	Betekenis
ϵ_0	diëlektrische constante of permittiviteit, natuurconstante: $8,85 \times 10^{-12}$ As/Vm
ϵ_r	permittiviteitscijfer, materiaalafhankelijk: $\epsilon_{rLucht} = 1$; $\epsilon_{rGlas} \approx 5-10$
A	werkzaam oppervlak van de condensator
d	afstand tussen de condensatorplaten

Bovendien zijn de PV-modules tijdens bedrijf via de omvormer met het openbare stroomnet verbonden. Afhankelijk van het type van de gebruikte omvormer wordt daarbij een deel van de wisselspanningsamplitude aan de PV-modules doorgegeven. Bij veel transformatorloze omvormers is dat de halve wisselspanning (115 V/50 Hz). De schommelende spanning wijzigt voortdurend de laadstatus van de parasitaire PV-condensator en veroorzaakt een verplaatsingsstroom die evenredig is aan de capaciteit en de spanningsamplitude.

Voor experts: de verplaatsingsstroom (effectieve waarde) kan als volgt worden herleid:

$$I = \frac{\Delta Q}{\Delta t} = C \times \frac{\Delta U}{\Delta t} = C \times 2\pi \times f \times U$$

Hierbij is $f = 50$ Hz de netfrequentie en U de effectieve waarde van de wisselspanning bij de PV-generator (ca. 115 V bij transformatorloze omvormers). Deze afleidstroom is een blindstroom, waarvan de fase met 90° is gedraaid t.o.v. de netspanning. Dit levert dus in eerste instantie geen verlies op.

De hierboven beschreven afleidstroom is weliswaar een blindstroom, die op zich niet gevaarlijk is. Hij valt echter gedeeltelijk samen met een eventuele lekstroom, die bijvoorbeeld door aanraking van een spanningvoerende leiding bij een beschadigde isolering ontstaat, en kan de herkenning van deze lekstroom aanzienlijk belemmeren. Vanaf een afleidstroom van 50 mA wordt de herkenning van een levensgevaarlijke lekstroom van 30 mA bijna onmogelijk. De omvormer koppelt zich dan om veiligheidsredenen automatisch los van het openbare stroomnet. Bij veel 1-fasige transformatorloze omvormers worden deze 50 mA bij een parasitaire capaciteit van 1 400 nF bereikt. Meer informatie hierover vindt u in de technische informatie „Capacitieve afvoerstromen“ (zie www.SMA-Benelux.com).

4 Isolatieweerstand R_{iso}

De meeste cellen van een PV-installatie liggen voortdurend op een van nul afwijkende potentiaal. Omdat omwille van de persoonlijke en brandveiligheid grote lekstromen moeten worden voorkomen, moeten de PV-modules goed geïsoleerd zijn. Met andere woorden: de isolatieweerstand R_{iso} mag niet onder een bepaalde waarde liggen. Transformatorloze omvormers kunnen door de directe verbinding met het gearde openbare stroomnet de R_{iso} tijdens bedrijf niet continu meten. De isolatie van de PV-generator wordt daarom vóór de koppeling aan het stroomnet door meting van de isolatieweerstand en tijdens de teruglevering door de controle van de afleidstroom volledig bewaakt.

Voor de R_{iso} gelden de volgende voorschriften:

- Voor PV-modules moet de R_{iso} ten minste $40 \text{ M } \Omega \times \text{m}^2$ bedragen. Dat betekent dat een PV-module met een moduleoppervlak van 1 m^2 een isolatieweerstand van ten minste $40 \text{ M } \Omega$ moet hebben, een PV-module met een oppervlak van 2 m^2 daarentegen slechts ten minste $20 \text{ M } \Omega$.
- Voor PV-systemen zonder galvanische scheiding (transformatorloos) moet de R_{iso} ten minste $2 \text{ 000 k } \Omega$ per kW ingangsvermogen van de omvormer bedragen. De omvormer moet controleren of deze grenswaarde wordt aangehouden.

Tot eind 2010 waren de grenswaarden zelfs nog strenger, zodat de beide voorschriften bij grote PV-installaties vaak met elkaar in conflict raakten. Dat komt tegenwoordig minder vaak voor, is echter nog steeds mogelijk. Een voorbeeld:

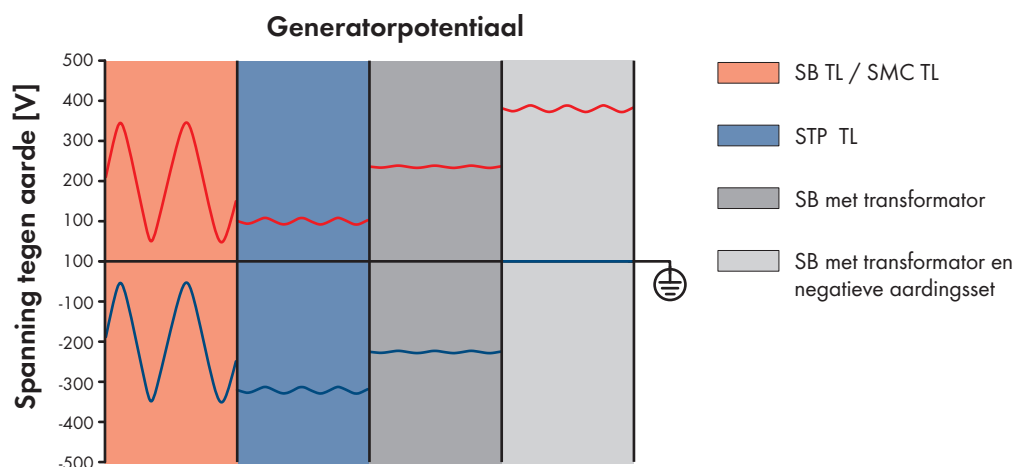
Normenconflict

Een PV-installatie van 17 kW bestaande uit PV-modules met een rendement van 8,5 % heeft een moduleoppervlak van 200 m² nodig. Deze modules mogen volgens de norm een isolatieweerstand van 40 M Ω / 200 m² = 200 k Ω hebben. Dat laat geen ruimte voor een veiligheidsmarge tot de bestaande norm en kan daarom tot problemen bij de koppeling van de omvormer aan het openbare stroomnet leiden. PV-modules met een nog geringer rendement (bijv. α -Si) of steeds groter wordende PV-generatoren hebben daarom eerder met dit probleem te maken.

Meer informatie over dit onderwerp vindt u in de technische informatie "Isolatieweerstand" (zie www.SMA-Benelux.com).

5 Potentiaal tegen aarde

Om voor elke van de genoemde eisen aan de PV-module de juiste omvormer te vinden moet bekend zijn welke generatorpotentiaal tijdens de teruglevering aan de plus- en minpool ontstaat. Dit is afgebeeld in het volgende diagram:



Afbeelding 3: De potentiaal van de onderste (blauw) resp. bovenste (rood) PV-module (vgl. ook afbeelding 1) van een string hangt af van de gebruikte omvormer en van het feit of de generatorpool is geaard. Voorbeeld voor een MPP-spanning van 400 V.

SB = Sunny Boy, SMC = Sunny Mini Central, STP = Sunny Tripower, TL = Transformerless (transformatorloos)

De generatorpotentialen verschillen afhankelijk van de constructie (topologie) van de omvormer. Bovendien kan een harde aarding (omvormers met transformator) of een zachte aarding door potentiaalverschuiving (transformatorloze omvormers) worden toegepast. In totaal bieden SMA omvormers de volgende mogelijkheden:

- Aardingsset klassiek, dit type aarding is alleen mogelijk met SMA omvormers met transformator. De aardverbinding naar de plus- of minpool wordt tot stand gebracht via een interne smeltzekering en biedt op die manier extra veiligheid (brandbeveiliging). De zekering wordt bewaakt, zodat daarmee de isolatiebewaking behouden blijft. De aardingsset is zowel voor positieve als voor negatieve aarding verkrijgbaar.
- De SMA omvormers SB xxxxHF beschikken over een zogenaamde aardingsstekker, die in twee verschillende posities in de omvormer kan worden gestoken. Met een en dezelfde stekker kan dus een positieve of een negatieve aarding worden uitgevoerd.
- Bij UL-gecertificeerde omvormers voor de VS en Canada is de functie van de aardingsset in de omvormer geïntegreerd, omdat deze met een GFDI (Ground Fault Detection Interrupter) moeten zijn uitgerust.
- TL-Grounding Solution: bij transformatorloze omvormers is de potentiaal van de PV-generator aan het openbare stroomnet gekoppeld. Een harde aarding is dan weliswaar niet mogelijk, maar de potentiaal van het sterpunt van het 3-fasig systeem kan zo ver worden verschoven dat bij de PV-generator zelfs de minpool altijd in het positieve bereik blijft. Deze maatregel, die effectiever is dan een eenvoudige aarding, wordt "TL-Grounding Solution" genoemd en is tot nu toe beperkt tot PV-installaties met Sunny Tripower, die via een eigen transformator aan het middenspanningsnet terugleveren.

Bovendien bestaat de mogelijkheid de potentiaal 's nachts om te keren om eventueel geaccumuleerde ladingdragers te neutraliseren. Hiervoor wordt de PVO-Box gebruikt, die voor de regeneratie van reversibele PV-modules wordt gebruikt (zie hoofdstuk 1: "Potential Induced Degradation").

6 Checklist

Om de keuze van de juiste omvormer voor elk moduletype gemakkelijker te maken, hebben we hier de belangrijkste adviezen voor u samengevat:

1. Ga na of de fabrikant van de PV-modules aanbevelingen doet over de aarding van de generator of over de topologie van de te gebruiken omvormer.
2. Als de fabrikant van de PV-modules geen aanbevelingen doet voor het gebruik van zijn producten, adviseren wij de keuze voor een omvormer te maken met behulp van de hier vermelde eigenschappen van de PV-modules.

Als deze adviezen niet overeenkomen met die van de moduleproducent, volg dan de adviezen van de moduleproducent op.

Celtechnologie / moduleopbouw	Omvormers zonder transformator		Omvormers met transformator		
	SB xxxxTL SMC xxxxTL	STP xxxxTL	serie-apparaat SB xxxx SMC xxxx		
			zonder aardingsset	met neg. aardingsset	met pos. aardingsset
c-Si*	●	●	●	○	○
Dunne laag**	–	–	–	●	–
monokristallijn Si (A-300)*	–	–	–	–	●
Flexibel of met gemetalliseerde achterkant***	–	○	●	●	●

Legenda: ● aan te bevelen; ○ beperkt aan te bevelen; – niet aan te bevelen

* Zie hoofdstuk 1 "Potential Induced Degradation (PID)", pagina 2

** Zie hoofdstuk 2 "TCO-corrosie", pagina 3 en hoofdstuk 4 "Isolatie weerstand R_{iso} ", pagina 5

*** Zie hoofdstuk 3 "Capacitieve afleidstromen", pagina 4

Voorbeeld: de firma SunPower adviseert voor PV-generatoren van modules met het celtype A-300 de positieve aansluiting te aarden.

De juiste keuze: Sunny Boy met transformator en een positieve aardingsset (zie hoofdstuk 1 "Potential Induced Degradation (PID)", pagina 2).

Voorbeeld: dunne-filmpanelen met cellen van CdTe of amorf silicium hebben vaak een glasplaatje met TCO-coating als ondergrond voor het plaatsen van cellen.

De juiste keuze: Sunny Boy met transformator en een negatieve aardingsset (zie hoofdstuk 2 "TCO-corrosie", pagina 3).

Voorbeeld: voor flexibele dunne-filmpanelen wordt vaak een roestvrij stalen folie als dragende ondergrond gebruikt.

De juiste keuze: Sunny Boy met transformator (zie hoofdstuk 3 "Capacitieve afleidstromen", pagina 4).