

Westerduinweg 3  
1755 LE Petten  
Postbus 15  
1755 ZG Petten

[www.tno.nl](http://www.tno.nl)

T +31 88 866 50 65

## Samenvattend TNO-rapport

**TNO 2023 M10072**

# SOLAREGE VLAMBOOGDETECTIE EN -PREVENTIE ARCHITECTUUR TESTEN (samenvatting)

Datum	21 januari 2023
Auteur(s)	N.J.J. Dekker
Aantal pagina's	4
Opdrachtgever	SolarEdge
Projectnaam	SolarEdge AFCI, Sense Connect & SafeDC™ Test
Projectnummer	060.51322

Alle rechten voorbehouden.

Niets uit deze uitgave mag worden vermenigvuldigd en/of openbaar gemaakt door middel van druk, fotokopie, microfilm of op welke andere wijze dan ook, zonder voorafgaande toestemming van TNO.

Indien dit rapport in opdracht werd uitgebracht, wordt voor de rechten en verplichtingen van opdrachtgever en opdrachtnemer verwezen naar de Algemene Voorwaarden voor opdrachten aan TNO, dan wel de betreffende terzake tussen de partijen gesloten overeenkomst.

Het ter inzage geven van het TNO-rapport aan direct belanghebbenden is toegestaan.

Dit rapport is een samenvatting van TNO rapport TNO 2023 R10293. TNO neemt geen verantwoordelijkheid voor de interpretatie van deze samenvatting. Het volledige rapport is beschikbaar op verzoek via SolarEdge.

© 2023 TNO

## SAFETY TEST NOTE

### SAMENVATTING SOLAREEDGE VLAMBOOGDETECTIE EN -PREVENTIE ARCHITECTUUR TESTEN

Vlambogen kunnen leiden tot brand. UL1699B schrijft daarom voor dat vlambogen binnen 2,5 seconden geëlimineerd dienen te worden. TNO heeft een laboratorium faciliteit om PV omvormers te testen volgens de UL1699B-2018 norm. In deze samenvatting worden de testresultaten gegeven van de AFCI (Arc Fault Circuit Interrupter) vlamboogdetectie, Sense Connect en SafeDC™ functionaliteit zoals uitgevoerd door TNO in opdracht van SolarEdge. De testen zijn uitgevoerd op een SolarEdge SE3680H omvormer met 10 S-Serie Power Optimizers (S440). Het moet worden vermeld dat de gerapporteerde testen niet noodzakelijkerwijs het gedrag van apparatuur buiten de laboratoriumcondities representeren en deze samenvatting geen veiligheidscertificering is.

#### Ingebouwde veiligheidsfuncties

SolarEdge heeft vlamboogdetectie (AFCI) in de omvormer die de stroom zou moeten afschakelen indien er een vlamboog in het DC circuit wordt gedetecteerd. In aanvulling op AFCI heeft SolarEdge als extra veiligheidsmaatregel Sense Connect ontwikkeld. Deze technologie zou de stroom af moeten schakelen indien er een toename van de temperatuur wordt gemeten in de stroomdraden naar de connectoren als gevolg van een verhoogde temperatuur in de connectoren. SafeDC zou ervoor moeten zorgen, dat de DC gelijkspanning wordt verlaagd naar een aanraakveilige waarde van 1V indien er een fout in het systeem wordt gedetecteerd.

#### CONCLUSIES

Geconcludeerd wordt dat bij het optreden van een vlamboog in de testopstelling in alle gevallen de stroom van de string binnen de eisen van de UL1699B norm afgeschakeld.

De Sense Connect functionaliteit schakelt de stroom uit in de testsituatie en zou als zodanig een bijdrage leveren aan het voorkomen van condities die tot brand kunnen leiden.

#### Vlamboogdetectie AFCI

Volgens de norm UL1699B moet iedere conditie 3 maal gemeten worden. Om zekerheid te krijgen van de reproduceerbaarheid van de vlamboogdetectie zijn alle condities in dit geval 10 maal gemeten.

De vlamboogdetectie (AFCI) is getest bij een lage elektrische stroom van 3A en een hoge stroom van 8A met de vlamboog generator in de + leiding, in het midden van de string en in de – leiding van de omvormer. De afschakeling van de stroom vond bij 3A met name plaats door de Power Optimizers en bij 8A door de omvormer (met AFCI melding). Een voorbeeld van een meting is gegeven in Figuur 1. Na stabilisatie van het systeem op een stroom van 8A bij de omvormer werden de elektroden in de vlamboog generator met een snelheid van 5 mm/s van elkaar verwijderd. Vlak na het begin van de verwijdering ontstaat de vlamboog met een spanningsval over de generator van 15V die toenam tot 28V bij het bereiken van de uiteindelijke afstand van 0.8 mm.

Deze testen laten zien dat de stroom door de vlamboogdetectie binnen 0,64 seconde wordt afgeschakeld en de vlamboog gestopt. In alle geteste configuraties en condities werd de stroom van de string bij het optreden van een vlamboog binnen de eisen afgeschakeld.

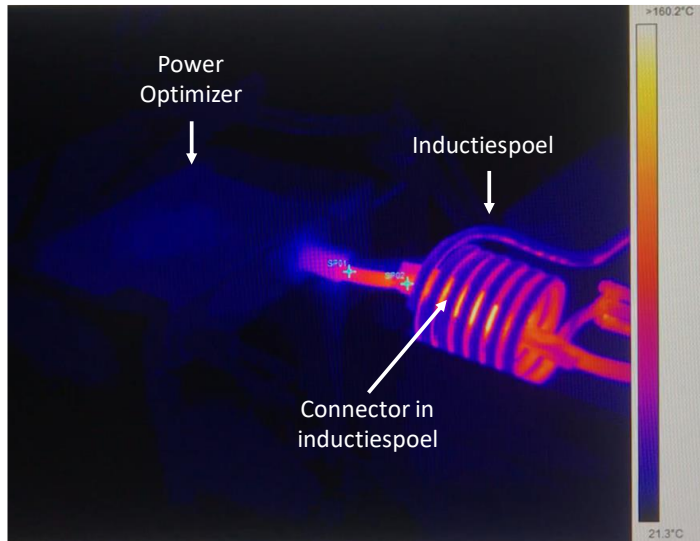
#### Sense Connect

Sense Connect is een extra veiligheidsfunctionaliteit die de stroom van de Power Optimizers onderbreekt indien een connector van de Power Optimizer boven een bepaalde temperatuur stijgt. Door de 3 korte verbindingdraden tussen de connectoren en de Power Optimizer kan een temperatuurtoename van de connector worden doorgegeven aan de interne componenten van de Power Optimizer. De temperatuurtoename van deze draden wordt in de Power Optimizer gemeten

met temperatuursensoren. Bij het bereiken van een bepaalde grenswaarde zou de stroom moeten worden afgesloten en de temperatuur dalen.

Om de temperatuur van de connector in de testopstelling te verhogen werd één van de connectoren in een inductiespoel geplaatst. De temperatuur van de connector werd gemeten met een thermokoppel in de draad van de connector en met een IR camera (zie afbeelding).

Bij de metingen werd de stroom door de Power Optimizers afgeschakeld voordat de connector een temperatuur van 200°C had bereikt, ruim onder de ontbrandingstemperatuur van de kunststoffen die normaal voor connectoren worden gebruikt. Door afschakeling van de inductiespoel daalde de temperatuur van de connector onder de 60°C, waarna de stroom door de Power Optimizers weer werd hersteld. Herhaling van deze procedure resulteerde in een connectortemperatuur van 200°C en opnieuw onderbreken van de stroom door de Power Optimizers. Na 5 keer deze cyclus te hebben doorlopen werd de stroom door de Power Optimizers niet meer ingeschakeld.



Opwarming van een connector in een spoel (inductie).

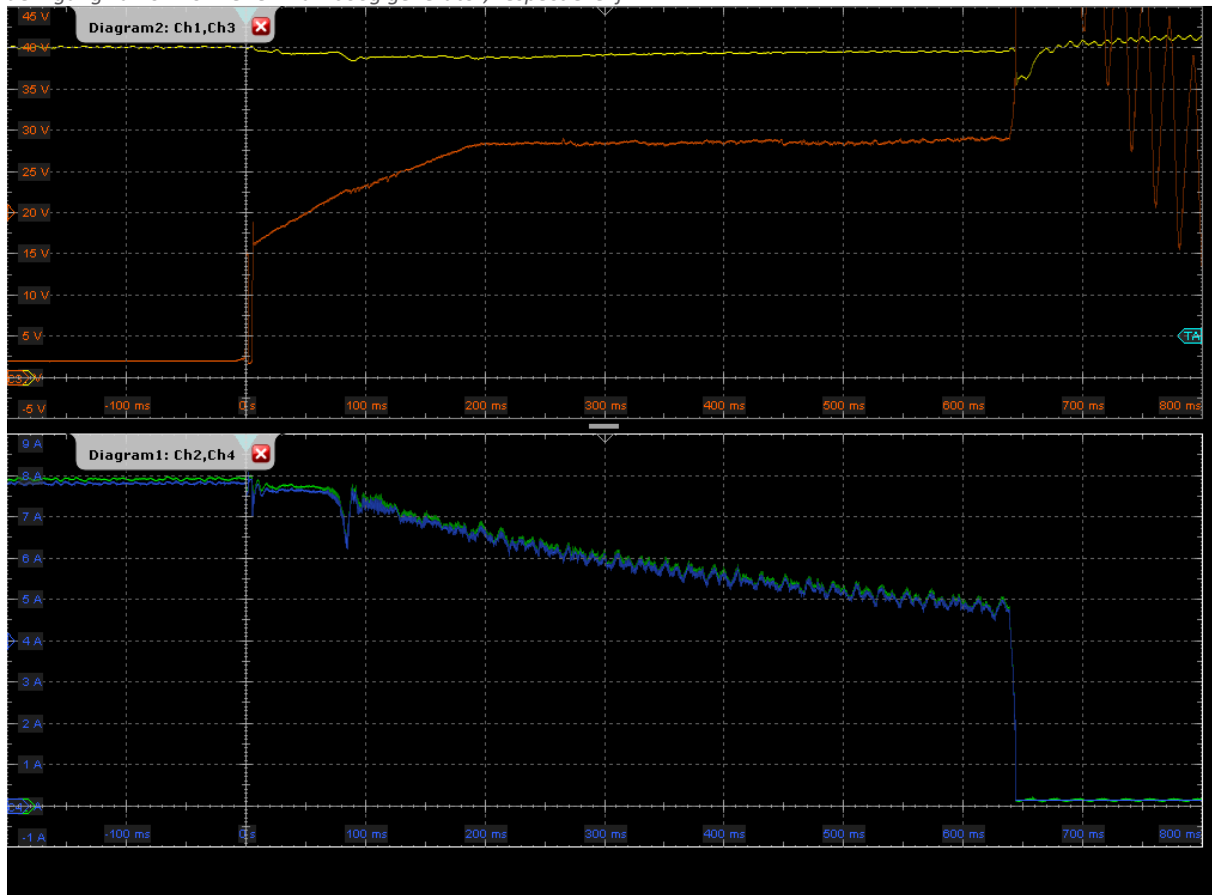
Onder deze testcondities werd door Sense Connect voorkomen dat de temperatuur van de connector boven de 200°C kwam en onder de ontbrandingstemperatuur van het plastic van de connector bleef. Deze functionaliteit levert een bijdrage aan de algemene brandveiligheid van het systeem.

### SafeDC™

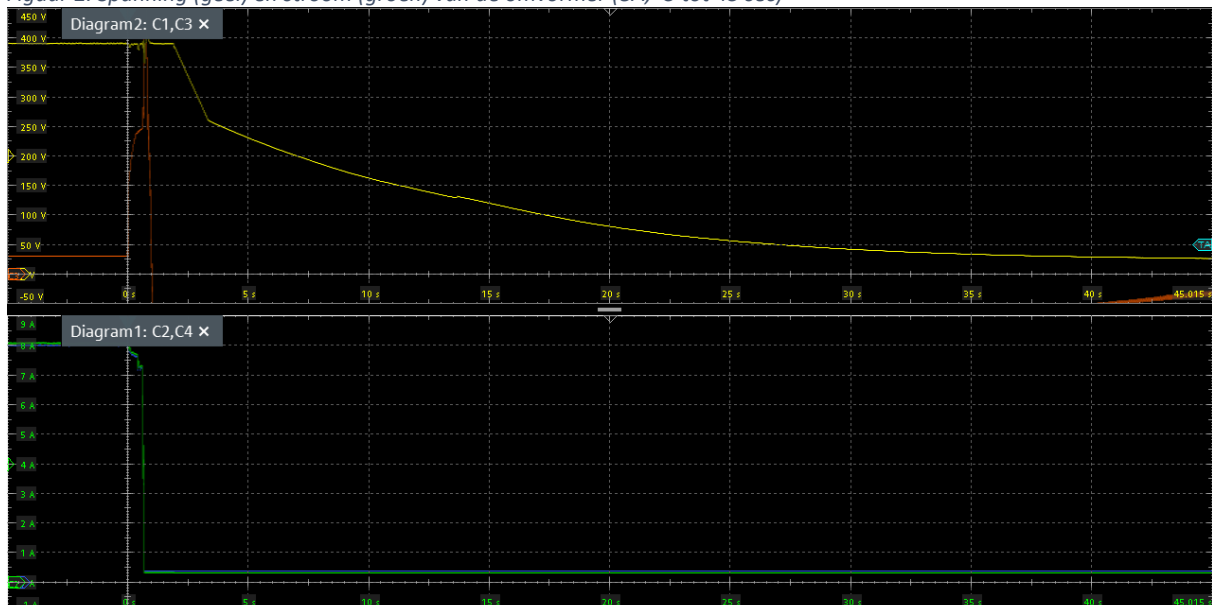
SafeDC is een veiligheidsmaatregel om de gelijkspanning van de Power Optimizers en omvormer te verlagen tot een aanraakveilig niveau van 1V. Uit de hier beschreven testen kan het volgende worden geconcludeerd:

- Tijdens de testen hielden de optimizers een spanning aan van 1 V bij afschakeling van de omvormer aan de AC/DC zijde wat de veiligheid bij onderhoud en installatie zou moeten vergroten. SafeDC zou hiermee ook het risico op parallelle vlambogen kunnen reduceren.
- Wanneer omvormer een vlamboog detecteerde werd de spanning aan de ingang van de omvormer verlaagd. Tijdens de test werd de spanning verlaagd van 400 Vdc tot 40Vdc na 30 seconden en daalde vervolgens verder tot 15V. In Figuur 2 staat een voorbeeld van de spanning en stroom in de tijd aan de ingang van de omvormer na een vlamboogdetectie.
- Zolang de omvormer gekoppeld blijft aan het lichtnet zal de AC netspanning op de ingang van de omvormer blijven staan ten opzichte van aarde.

Figuur 1. Voorbeeld van spanning en stroom van de vlambooggenerator (in de + leiding) en ingang van de omvormer. Geel: spanning aan de ingang van omvormer (400V); Oranje: spanning over de vlamboog generator; Groen en blauw: stroom aan de ingang van omvormer en vlamboog generator, respectievelijk.



Figuur 2. Spanning (geel) en stroom (groen) van de omvormer (8A, -5 tot 45 sec)



Dit is een uitgave van:  
TNO Energy and Materials Transition  
Westerduinweg 3  
1755 LE Petten  
Nederland