

WHITE PAPER

VLAMBOOGDETECTIE-TEST VAN HUAWEI OMVORMER UITGEVOERD DOOR TNO

Een belangrijke oorzaak van branden bij zonnestroom (PV) installatie zijn vlambogen. Vlambogen worden veroorzaakt door slechte verbindingen in het gelijkstroom-circuit. Een vlamboog-detector, in het Engels, Arc Fault Circuit Interrupter (AFCI) kan een vlamboog detecteren en vervolgens de stroomkring onderbreken waardoor de vlamboog uitdooft.

CONCLUSIE

De vlamboog detector (AFCI) van de Huawei SUN2000 4KTL-L1 omvormer in combinatie met tien SUN2000-450W-P optimizers zijn door TNO getest in zowel het laboratorium als in de buiten testopstelling.

De Huawei omvormer is in het laboratorium op twee manieren getest, namelijk zowel volgens de norm UL1699B als met een alternatieve configuratie waarbij echte zonnepanelen zijn gebruikt. De testen zijn uitgevoerd bij elektrische-stroom niveaus van zowel 3A als 8A, en met de vlamboog-generator gepositioneerd in het begin, in het midden en aan het eind van de stroomkring. Iedere test conditie is tien keer herhaald. Voor deze –in totaal- 120 tests detecteerde de detector altijd de vlamboog en onderbrak de stroomkring binnen 0,5 sec, waarna de vlamboog stopte. Dit is ruim onder de door UL1699B-standaard vereiste 2,5 seconde. Er kan daarom geconcludeerd worden dat de Huawei omvormer de vlambogen onder deze test-conditions met 100% zekerheid behaald heeft.

De vlamboogdetector van de Huawei omvormer is ook getest in de buitenopstelling, en hierbij was de vlambooggenerator eveneens gepositioneerd in het begin, het midden en het einde van de stroomkring. Bij 21 metingen, onder verschillende lichtinstralings-niveaus, detecteerde de AFCI de vlamboog en werd de stroomkring binnen een 0,5 seconde verbroken en dus ook hier ruimschoots onder de door de UL1699 B norm gestelde limiet van 2,5 seconde. Daarom kan geconcludeerd worden dat de vlamboogdetector bij deze condities de vlamboog test met 100% zekerheid behaald heeft.

Tot slot, zijn er bij alle testen, zowel in het laboratorium als bij de buitenopstelling, geen fout-positieven opgetreden.



Figuur 1. TNO's laboratorium test faciliteit voor het test van vlamboog detectie volgens de UL1699B standaard.



Figuur 2. Buiten-faciliteit voor het testen van vlamboogdetectie bij een echt PV systeem.

VLAMBOOGDETECTIE TEST-FACILITEITEN BIJ TNO

TNO heeft een laboratorium test-faciliteit om PV omvormers te kunnen testen volgens de UL1699B-2018 standaard. Deze standaard beschrijft hoe vlamboogdetectie gevolgd door stroomonderbreking getest kan worden door middel van een elektronische circuit waarbij kabellengtes gesimuleerd kunnen worden en waarbij vermogensbronnen en zonnepanelen ontkoppeld worden. In configuratie A van deze test faciliteit worden de PV modules gesimuleerd door elektronische circuits waarin zich condensatoren, spoelen en weerstanden bevinden zoals beschreven in UL1699B. Bij configuratie B van deze test faciliteit worden de simulatie-circuits vervangen door echte zonnepanelen. Deze configuratie lijkt daardoor dan ook meer op een echt PV systeem, te meer daar de input van de omvormer een IV karakteristiek heeft en de capaciteit, inductie en weerstand beter die van een echt PV systeem nabootsen.

De voordelen van een laboratorium test faciliteit zijn de gecontroleerde omstandigheden waaronder goed-gedefinieerde test condities gecreëerd kunnen worden. Nadelen zijn de potentiële invloed van apparatuur, waaronder stroombronnen, op de vlamboog en de omvormer. Om de effecten van stroombronnen en andere laboratoriumapparatuur uit te sluiten heeft TNO ook een buitenopstelling waar bij een echt PV systeem de vlamboogdetectie getest kan worden. Deze twee test faciliteiten complementeren elkaar: De laboratorium faciliteit met nauwkeurige testcondities en potentiële verstoring door apparatuur en de buitenopstelling met wisselende test condities (instraling en temperatuur) maar met een echt PV systeem.

Zowel in het laboratorium als in de buitenopstelling kan getest worden met en zonder optimizers.

LABORATORIUM TEST VAN DE VLAMBOOGDETECTOR IN DE HUAWEI OMVORMER

Huawei heeft omvormers op de markt gebracht met een intelligente AFCI voor PV systemen. TNO heeft de AFCI van de Huawei SUN2000 4KT-L1 omvormer in combinatie met tien SUN2000-450W-P optimizers, die voornamelijk worden toegepast in het residentiële marktsegment, getest.



Figuur 3. Huawei-SUN2000-4KT-L1 omvormer

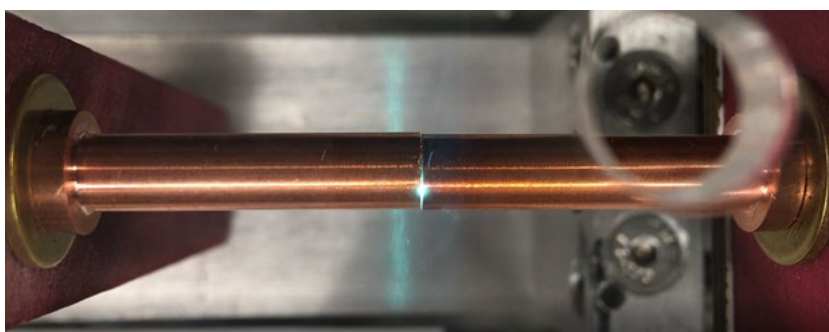


Figuur 4. Huawei's SUN2000-450W-P optimizer

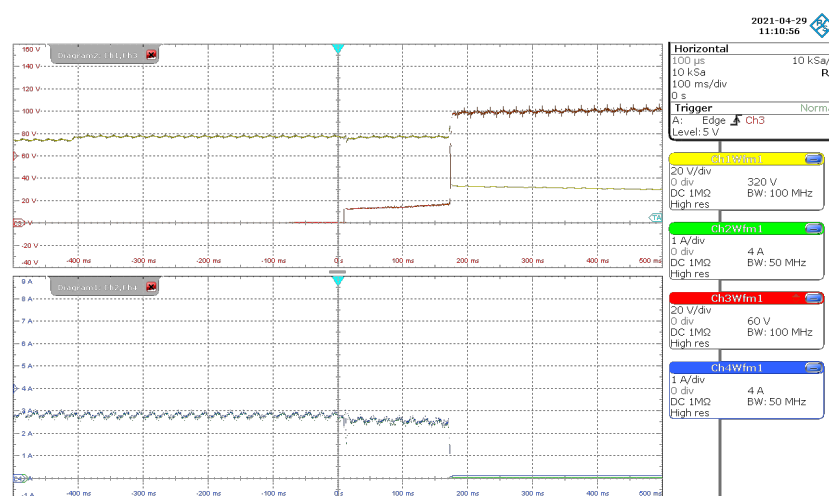
De metingen zijn uitgevoerd in een laboratorium test-faciliteit met configuratie A (volgens de UL1699 standaard) en volgens configuratie B (met echte PV modules in een "string"). In beide configuraties zijn metingen uitgevoerd bij een lage elektrische stroom van 3A en een hoge van 8A, zoals beschreven in de UL1699B standaard. De arc generator was aan het begin, in het midden en aan het eind van de string gepositioneerd. De vlamboog is tot stand gebracht door de afstand tussen

de twee elektroden van de generator langzaam te vergroten van 0 tot 0,8 mm. Volgens de standaard, dienen alle test condities driemaal herhaald te worden voor omvormers die een handmatige reset hebben ondervonden, nadat een vlamboog gedetecteerd is. In het geval van de Huawei omvormer, zijn de metingen tien maal herhaald om zeker te zijn van de reproduceerbaarheid van het testresultaat. In totaal zijn er 120 metingen uitgevoerd.

De vlamboogdetectie voldoet aan de vereisten van de standaard indien de vlamboog gedoofd is binnen 2,5 seconde of als de AFCI de door de vlamboog gedissipeerde energie tot maximaal 750 J beperkt. Om de reactietijd en de vlamboogenergie te meten is gebruik gemaakt van een high-end oscilloscoop en zijn meetklemmen geplaatst bij de vlambooggenerator om de spanning over de elektroden en de stroom door de generator te meten. Tevens is de stroom en spanning bij de ingangen van de omvormer gemeten om het gedrag van de omvormer te monitoren.



Figuur 5. Voorbeeld van een vlamboog in de laboratorium test



Figuur 6. Oscilloscoop-beeld van de gedetecteerde stromen en spanningen van een vlamboog-incident dat optreedt op $t=0$, corresponderende met de verticale as. De sprongen in de signalen bij $t=175$ ms corresponderen met de stroomonderbreking verzorgd door de AFCI. De spanning (rood) en de stroom (blauw) van de vlambooggenerator (I_{sc} : 3A) en spanning (geel, geen schaal) en stroom (groen) van de omvormer in de laboratorium facility zijn weergegeven

In het voorbeeld bedraagt de opgelegde kortsluitstroom 3A, wat resulteert in een maximum power point stroom van 2.8A. De vlamboog begint wanneer de elektroden van elkaar verwijderd worden. Tijdens de aanwezigheid van de vlamboog loopt de spanning over de generator op van 13 V tot 17V. Vanwege de spanningsval over de vlamboog-generator, neemt de stroom af tot 2.6A. Na ongeveer 175 ms, onderbreekt de AFCI van de Huawei omvormer de stroomkring en houdt de vlamboog er dientengevolge mee op.

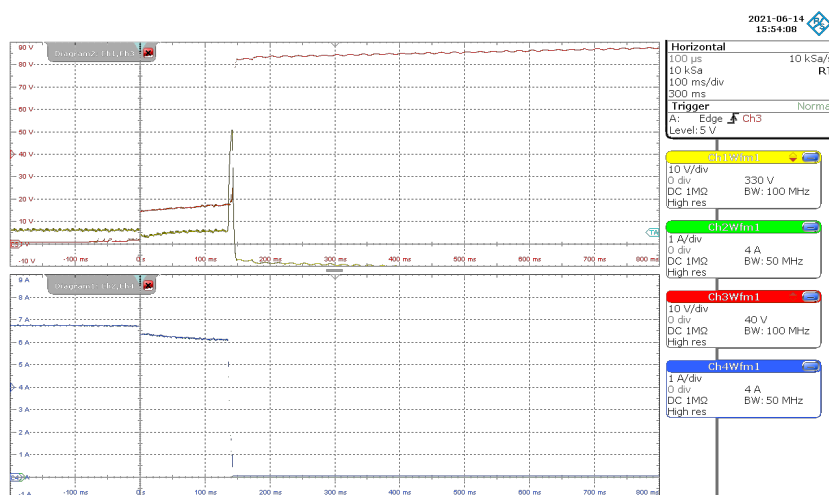
Bij alle 120 metingen detecteerde de AFCI van de omvormer de vlamboog en werd de stroomkring binnen een 0,5 seconde onderbroken, wat ruimschoots onder de 2,5 seconde is die de standaard voorschrijft. Daarom kan geconcludeerd worden dat de AFCI van de Huawei omvormer onder de gegeven condities de vlamboog test eisen met 100% zekerheid behaald heeft.

Om zeker te zijn dat de vlamboog niet vanzelf dooft maar echt door het ingrijpen van de AFCI komt, zijn vlamboogtesten gedaan waarbij de AFCI was uitgeschakeld. In deze gevallen bleef de vlamboog meer dan 2,5 seconde bestaan en kon alleen gestopt worden door de elektroden van de generator weer naar elkaar toe te brengen. Deze metingen bevestigen dat de AFCI echt de vlamboog dooft en dat dit niet komt door andere oorzaken, zoals de mogelijke instabiliteit van de vlamboog als de elektroden relatief ver uit elkaar staan.

Tijdens de laboratorium testen hebben zich geen fout-positieve detectie-incidenten voor gedaan.

AFCI TEST VAN DE HUAWEI OMVORMER IN TNO'S BUITENOPSTELLING.

De AFCI van dezelfde Huawei omvormer en de tien optimizers zijn ook bij TNO's outdoor facility getest. De metingen zijn verricht aan een echt PV systeem in de buitenlucht. Hierbij is de vlambooggenerator opnieuw aan het begin, in het midden en aan het eind van de string geplaatst.



Figuur 7. Gemonitorde stromen en spanningen, bij de buiten-opstelling, van een vlamboog-incident dat optreedt op $t=0$ (bij de verticale as). De sprongen in de signalen bij $t=135$ ms corresponderen met de stroomonderbreking verzorgd door de AFCI. De spanning (rood) en de stroom (blauw) van de vlambooggenerator (I_{mp} : 6.7A) en spanning (geel, geen schaal) en stroom (groen) van de omvormer zijn weergegeven.

Tijdens de vlamboog loopt de spanning over de vlambooggenerator op van 15V tot 18V. Na ongeveer 135 ms onderbreekt de AFCI de stroomkring en verdwijnt dientengevolge de vlamboog.

Bij de 21 metingen aan de buiten-opstelling, met verschillende vlamboogposities en verschillende instalingscondities corresponderend met een I_{mp} van 3 tot 8.5 A, heeft de AFCI van de omvormer altijd de vlamboog gedetecteerd en binnen 0,5 sec de stroomkring onderbroken, wat ruim onder de 2,5 sec limiet is die de standaard voorschrijft. Daarom kan geconcludeerd worden dat de AFCI van de Huawei omvormer de eisen voor de vlamboogtesten voor de gegeven omstandigheden met 100% zekerheid in de buiten-testfaciliteit heeft doorstaan.

Net als bij de laboratorium faciliteit werden geen fout-positieve vlamboog incidenten waargenomen.