

Lichtbogendetektion mit Photovoltaik-Wechselrichtern

22. Schweizer Photovoltaik-Tagung, 21. – 22. März 2024, Lausanne

Christof Bucher, Donat Hess, David Joss, Labor für Photovoltaiksysteme, Berner Fachhochschule, Burgdorf, christof.bucher@bfh.ch

Lichtbogendetektoren in Photovoltaik-Wechselrichtern sind seit langem bekannt, aber erst seit Anfang der 2020er-Jahre im europäischen Markt verbreitet. In einem Messprojekt werden die Lichtbogendetektoren von drei Wechselrichtern miteinander verglichen. Dabei wird nicht nur in Anlehnung an IEC 63027 (Photovoltaic power systems - DC arc detection and interruption) geprüft, sondern es wird auch untersucht, wie gut die Lichtbogendetektoren bei langen Strangleitungen funktionieren. Die Ergebnisse zeigen, dass alle getesteten Geräte auch bei langen Kabeln gute Ergebnisse erzielen.

Lichtbogendetektoren: Funktion und Verbreitung

Lichtbogendetektoren sind ein Bestandteil moderner Wechselrichter. Sie messen das hochfrequente Rauschen auf dem DC-Strom eines PV-Generators und werten dieses aus. Weist es das charakteristische Rauschen eines Lichtbogens auf, trennen sie den Strang vom Wechselrichter, unterbrechen damit den auftretenden Serielichtbogen und schützen damit die Anlage.

Noch nicht alle Hersteller bieten für den europäischen Markt Wechselrichter mit Lichtbogendetektion an. Beim Kauf sollte darauf geachtet werden, dass die Funktion nach IEC 63037:2023 vorhanden und geprüft ist.

Prüfablauf, Prüfnorm

Die internationale Norm «IEC 63027:2023 Photovoltaic power systems - DC arc detection and interruption» gibt vor, wie Lichtbogendetektoren geprüft werden und welche Werte sie bei der Prüfung einhalten müssen. Mit einer Ring-Ball-Trennstrecke aus Wolfram wird ein Lichtbogen gezündet. Der Lichtbogendetektor muss diesen unter Einhaltung folgender Werte trennen:

- Maximale Brenndauer: 2.5 s
- Maximale Lichtbogenenergie: 750 J (wobei Lichtbögen mit einer Energie > 200 J als solche erkannt und registriert werden müssen)

Die Norm gibt verschiedene Gerätekategorien an, die mit einer systemabhängigen Anzahl von Tests zu prüfen sind. Die Messungen erfolgen mit Strömen von 2,5 A bis zu 90% vom Nennstrom und der Luftspalt ist bis zu 2.5 mm zu öffnen. Die Trenngeschwindigkeit variiert zwischen 2,5 und 5 mm/s.

In Abweichung resp. Ergänzung zur Prüfnorm werden bei diesem Projekt unterschiedliche ergänzende Strom- und Spannungsbereiche gewählt, und es werden insbesondere verschiedene Kabellängen zur Prüfung eingesetzt. Damit soll geprüft werden, ob die Lichtbogendetektoren auch bei grossen Gebäuden mit langen Kabelwegen korrekt funktionieren.

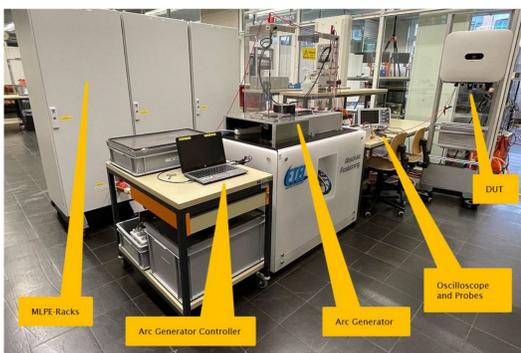


Abbildung 1: Prüfungsumgebung der BFH zur Generierung von DC-Lichtbögen.

Prüflinge

Folgende Wechselrichter und Optimierer werden getestet:

- SMA, Sunny Tripower X12-50, 2023
- Huawei, SUN2000-10KTL-M1 (SUN2000-450W-P), 2023
- SolarEdge*, SE10k-RW0TEBEN4 (S440-1GM4MRM), 2023

* Funktion nach IEC 63027:2023 erst mit Herstellersupport freigeschaltet

Messungen

Gemessen werden Lichtbogenstrom und -Spannung. Abbildung 2 zeigt exemplarisch, wie Strom und Spannung bis zum Zeitpunkt der Lichtbogenentstehung konstant sind, wie der Lichtbogenstrom in fast unverminderter Stärke stehen bleibt aber die Spannung über dem Lichtbogen auf rund 20 V steigt (1). Wenn der Lichtbogen erlischt, fällt der Strom auf 0 A und die Spannung steigt zusätzlich an (2).

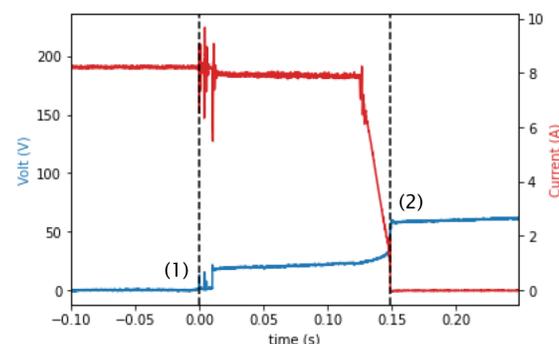


Abbildung 2: Strom- und Spannungsverlauf am Lichtbogen

Durchgeführte Tests

Zur Durchführung der Tests werden verschiedene Einstellungen definiert. Die gewählten Ströme, Spannungen, Trenngeschwindigkeiten und Trenndistanzen werden in Tabelle 1 gezeigt. Der Testentwurf vereint in 3 Referenzmessungen alle möglichen Freiheitsgrade, welche einen Einfluss auf die zu testende Lichtbogenenergie haben können.

Tabelle 1: Einstellungen für die durchgeführten Tests.

Test-ID	Isc (A)	Uoc (V)	Speed (m/s)	Gap (mm)
A (low I)	4.4	490 (870)	2.5	0.8
B	8.8	490 (870)	5	0.8
C (high U)	9.4	810 (870)	5	2.5

Im Projekt wurden mit gängigen Solarkabeln gewickelte Luftspulen verwendet, um die Kabellängen von bis zu 2.5 km zu emulieren.

Resultate

Alle geprüften Wechselrichter liefern gute Resultate bei der Detektion und Löschung von Lichtbögen. Die Lichtbogenenergie unterscheidet sich zwar von System zu System, liegt jedoch bei allen Systemen weit unter den massgebenden 750 J. Erst ab Kabellängen von 500 m und mehr werden erste Lichtbögen nicht mehr detektiert. Selbst bei Kabellängen von mehr als 2 km wird noch die Hälfte aller Test-Lichtbögen detektiert und gelöscht.

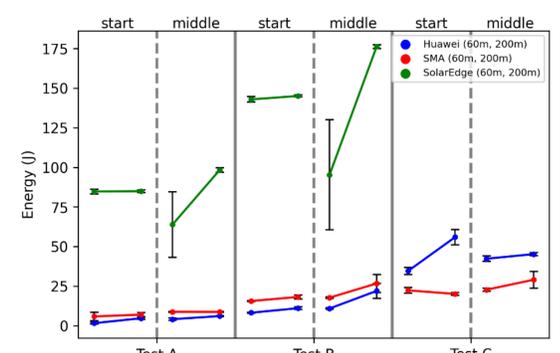


Abbildung 3: Lichtbogenenergie nach Herstellern.

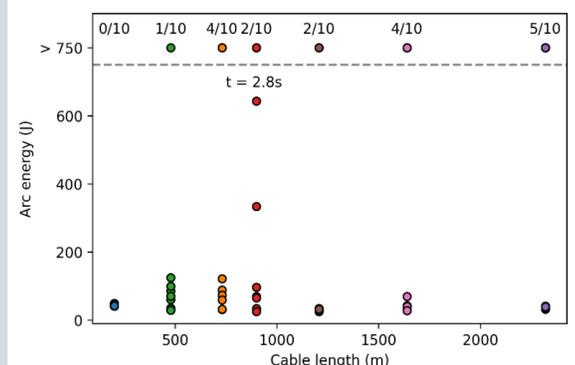


Abbildung 4: Lichtbogenenergie und Anzahl Lichtbögen, welche die zulässige Lichtbogenenergie überschreiten.

Finanzierung

Diese Untersuchungen wurden von Huawei Schweiz sowie von der Berner Gebäudeversicherung finanziert.



Referenzen

[1] Ch. Bucher, D. Joss, Lichtbogendetektoren bei PV-Anlagen, Zuverlässigkeitsstudie, bulletin.ch, 15.9.2023, <https://www.bulletin.ch/de/news-detail/lichtbogendetektoren-bei-pv-anlagen.html>