

Oberflächenpotenziale an PV-Modulen mit PID-Beanspruchung

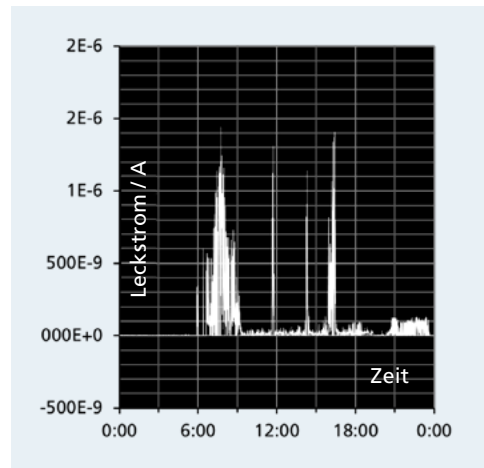
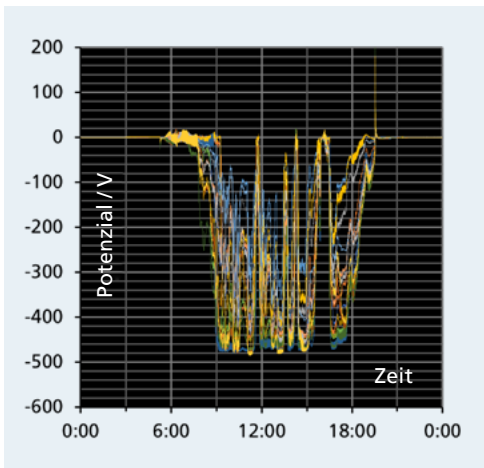


Abbildung 1. Ergebnis einer Oberflächenpotenzialmessung (Farben korrespondieren mit Abbildung 4)

Abbildung 2. Leckstrom des PV-Modulrahmens

Potenzialinduzierte Degradation (PID)

Bei kristallinen PV-Modulen kann während des Betriebs eine potenzialinduzierte Degradation auftreten, welche sich in einer Reduktion des Füllfaktors der PV-Kennlinie bemerkbar macht. Ursache hierfür ist die Wanderung von Natriumionen aus dem Deckglas in die SiNx-Schicht der PV-Zelle und von dort entlang von Stapelfehlern in das Zellmaterial. Hier verursachen die Ionen Kurzschlüsse und bewirken eine Verringerung des Parallelwiderstands der Zelle. Betroffen sind je nach Zell-Technologie entweder die PV-Zellen am positiven oder negativen Ende des Strings. Damit die Ionenwanderung stattfindet, muss ein großes Potenzial zwischen dem Glas und den eingebetteten Solarzellen vorliegen.

Die Herausforderung

Für eine tiefere Analyse des PID Effekts ist die Kenntnis über den Potenzialverlauf auf dem Deckglas hilfreich. Die Herausforderung bei der Messung besteht darin, dass einerseits die Potentiale im String sehr hohe Werte annehmen können und dass andererseits Glas ein sehr guter Isolator ist. Die Messung von Potenzialen und Spannungen ist immer mit Stromfluss verbunden, es muss also eine Messtechnik entwickelt werden, welche dem Messpunkt einen extrem kleinen Strom für die Messung entnimmt. Dies erfordert einerseits sehr hochohmige Messverstärker, andererseits muss der Messverstärker über einen sehr großen Potenzialbereich aussteuerbar sein. Da die Glasoberfläche des Moduls über keinerlei »Anschlüsse« verfügt, müssen Elektroden auf ihr angebracht werden. Der für die Messung verwendete Strom stellt einen Teilstrom dar, der aus der sehr geringen Stromdichte

Kontakt

Jörg Kirchhof
 Mess- und
 Prüfdienstleistungen
 Tel. +49 561 7294-254

joerg.kirchhof@
 iee.fraunhofer.de

Fraunhofer IEE
 Königstor 59
 34119 Kassel

www.iee.fraunhofer.de



Abbildung 3. PV-Modul mit Elektroden; Abbildung 4. Position der Elektroden auf dem PV-Modul

abgezweigt wird, die vom Modulrahmen durch das Glas zu den Zellen fließt. Je größer die Fläche dieser Elektroden ist, desto mehr Anteil dieser Stromdichte kann für die Messung entnommen werden und desto technisch machbarer ist auch die Verarbeitung des Stroms. Andererseits sollte durch die Kontaktierung jedoch auch keine unzulässige Abschattung stattfinden. Da der gesamte Messaufbau der Witterung ausgesetzt ist, dürfen auf dem Weg von der Moduloberfläche zum Messverstärker keine zusätzlichen Leckströme auftreten, auch nicht in den Zuleitungskabeln. Durch technische Maßnahmen werden diese Leckströme auf ein Minimum reduziert.

Technische Daten

Um die Degradation unter realitätsnahen Bedingungen erfassen zu können, werden die Zellen des PV-Moduls auf ein variables Potenzial gegen Erde gebracht. Das Spannungsprofil lässt sich programmgesteuert zwischen maximal +/- 1500 V einstellen, wobei die Spannung wahlweise nur geschaltet, oder mit einem Tagesprofil überlagert werden kann. Das Tagesprofil wird anhand einer astronomischen Steuerung aus den Dämmerungs- bzw. Sonnenauf- und Untergangszeiten abgeleitet. Bei Bedarf kann nachts eine Regenerationsspannung mit umgekehrten Potenzial zugeschaltet werden. Das Modul wird jede Minute einer PV-Kennlinienmessung mit dem ISET-mpp meter unterzogen. Die Kennlinien und Modulparameter werden in einer SQL-Datenbank abgelegt. Zusätzlich erfolgt alle 30 Sekunden die Messung des über den Modulrahmen abfließenden Leckstroms mit Hilfe eines Picoamperimeters, welches bis zu 20 Messstellen erfassen kann. Auf dem Modul sind 16 Elektroden aufgebracht, deren Potenziale durch 16 Verstärker mit einem Eingangsstrom von ca. einem Picoampere bei einem konfigurierbaren Aussteuerbereich von +/- 300 V; +/- 600 V oder +/- 900V weiterverarbeitet werden. Dies ergibt einen Eingangswiderstand von maximal $900 \times 10^{12} \Omega$. Die Verstärker stellen auch eine aktive Abschirmung zur Verfügung, um unerwünschte Leckströme zu verhindern. Die Aufzeichnung der hinter dem Verstärker auf 1:10 (Ausgangswiderstand 900 kΩ) oder 1:100 (Ausgangswiderstand 100 kΩ) heruntergeteilten Potenziale erfolgt mit einem Datenlogger alle 15 Sekunden.

Vorteile

- Messung und Prüfung unter realitätsnahen Bedingungen
- Gleichzeitige Aufnahme aller relevanten Parameter
- Auch langsame Degradationsvorgänge können beobachtet werden
- Bessere Korrelation mit Degradationserscheinungen im Feld
- Untersuchung der Degradation oder Regeneration bei nächstlicher Regeneration
- Untersuchung von konstruktiven Maßnahmen zur Vermeidung von PID
- Parallele Messung an mehreren Modulen möglich
- Untersuchung von Regenerationszyklen und -spannungen

Anwendungen

Der Teststand ermöglicht es, Langzeituntersuchungen zur Degradation von PV-Modulen sowie der Wirksamkeit von Regenerationsmaßnahmen durchzuführen. Mit Hilfe der Oberflächenpotenzialmessungen können designorientierte Maßnahmen zur Vermeidung von PID unter realitätsnahen Bedingungen untersucht werden. Hierbei wird ebenfalls die Witterung und Verschmutzung berücksichtigt, da die Vermessung des Moduls im Außenbereich erfolgt. Die Komponenten des Testaufbaus lassen sich auch für andere Messungen, z. B. an Isoliermaterialien, verwenden.

Gefördert durch:



aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages

Diese Arbeit zeigt Ergebnisse aus dem vom Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (BMWi) geförderten Projekt PID-Recovery (FKZ -41V7668). Die Verantwortung für den Inhalt liegt beim Autor.