

Anwendungstechnische Prüfkonzepte zur Qualitätskontrolle von PV-Systemen

Projektleiter

Prof. Dr.-Ing.
Andreas Wagner

Zeitraum

01.04.2003–31.12.2005

Wiss. Mitarbeiter

Dipl.-Ing. Gerald Kunz

Förderung

Land NRW,
Arbeitsgemeinschaft
Solar NRW,
Fachhochschule
Dortmund,
Forschungsbudget

Kontakt

Prof. Dr.-Ing.
Andreas Wagner,
Fachbereich
Informations- und
Elektrotechnik,
Fachhochschule
Dortmund,
Sonnenstraße 96,
44139 Dortmund,
Telefon:
(0231) 9112-372,
E-Mail: wagner@
fh-dortmund.de

1. Aufgabe und Zielsetzung

Die Prüfungsaufgaben photovoltaischer Systeme (PV-Systeme) können in zwei Gruppen eingeteilt werden:

1.1. Prüfung des PV-Generators

Seit kurzem werden von den Anwendern von PV-Anlagen zur Netzeinspeisung Ertragsgarantien verlangt. Werden die garantierten Erträge nicht erreicht, so kann der Anlagenbetreiber Regressforderungen stellen. Der Verursacher des Minderertrages ist in Folge zahlungspflichtig. Eine Ursache für geringeren Ertrag ist eine zu geringe Peakleistung des PV-Generators. Die Peakleistung eines PV-Generatorstrings, der aus mehr als 20 PV-Modulen in Reihe geschaltet bestehen kann, kann mit der in [1] beschriebenen Methode vor Ort gemessen werden. Ist die Peakleistung zu gering, so ist ein Regress-Anspruch gegeben.

Die Verringerung der Peakleistung kann durch eine Erhöhung des Serien-Innenwiderstandes hervorgerufen worden sein. Für die Erhöhung des Serien-Innenwiderstandes eines Generatorstrings gibt es 2 Ursachen:

1. Degradationserscheinungen im PV-Modul führen zu einem erhöhten Innenwiderstandes im PV-Modul.
2. Mangelhafte Verbindungsleitungen erhöhen den Innenwiderstand des kompletten Strings.

Im ersten Fall ist der PV-Modul-Hersteller regresspflichtig, im zweiten Fall der Installateur der Anlage. Da der Gesamt-Innenwiderstand bisher nicht messbar ist, ist der aktuelle Verursacher ebenfalls nicht feststellbar.

Die in [1] beschriebene Methode bietet hier keine Lösung, da zur R_s -Ermittlung zwei Kennlinien benötigt werden, wovon nur die erste Kennlinie einfach gemessen werden kann. Die Messung der zweiten zugehörigen Kennlinie erforderte einen großen Aufwand.



Abb. 1: R_s -Messung im Freien: Verringerung der Bestrahlungsstärke mit Fliegengitter.

Die notwendige Verringerung der Bestrahlungsstärke für die zweite Kennlinie kann mit einem feinmaschigen Netz (Fliegengitter) erreicht werden. Für große Generatoren ist diese Methode allerdings nicht mehr praktikabel.

Es soll daher eine Methode entwickelt werden, die den Serien-Innenwiderstand R_s aus nur einer Kennlinie ermittelt, die im Hellen gemessen wurde.

Die Genauigkeit der Methode soll mit einem Solarzellen-Simulator überprüft werden, dessen Entwicklung ebenfalls in diesem Forschungsprojekt vorgesehen ist.

1.2. Prüfung der peripheren Geräte

Zur Prüfung von peripheren Geräten photovoltaischer Systeme wie Laderegler, MPP-Regler, Wechselrichter im Prüflaborbereich werden als Ersatzquelle Photovoltaik-Generator-Simulatoren eingesetzt, die einen idealen Photovoltaik-Generator nachbilden.

Photovoltaik-Generatoren haben in der Praxis häufig ein von den Idealwerten abweichendes Verhalten, beispielsweise das Auftreten von Kennlinien mit Stufen als Folge von teilabgeschatteten Generatoren mit Bypass-Dioden. Diese Abweichungen und Fehler werden von den bekannten Photovoltaik-Simulatoren nicht nachgebildet, denn diese Geräte wurden auf möglichst optimales Verhalten hin entwickelt.

Probleme wie Teilabschattung einer Zelle, niedriger R_p oder hoher R_s können mit diesen Simulatoren gar nicht oder nur schlecht nachgebildet werden. Sowohl in der Geräte-Entwicklung als auch in der Ausbildung ist hier ein PV-Simulator von Interesse, der auch Problem-Kennlinien, wie sie z.B. durch Teilabschattungen entstehen, nachbildet. Zur Lösung dieser Aufgaben soll untersucht werden, wie die verschiedenen, praktisch vorkommenden Fehlerzustände eines Photovoltaik-Generators durch geeignete Mittel elektronisch nachgebildet werden können.

Das resultierende System soll modular aufgebaut sein, um unterschiedlichen Leistungsanforderungen gerecht werden zu können (z.B. 25V / 3A bis zu 600V / 20A). Ziele dieses Forschungsprojektes:

- Patent für ein neues R_s -Messverfahren für große PV-Generatoren aus nur einer Hell-Kennlinie.

- Entwicklung eines Solargenerator-Simulators zum Test peripherer Geräte sowohl im Normalbetrieb als auch in Problemfällen.

2. Beispiele der Forschungsergebnisse

2.1. Experimente zur R_s -Messung aus nur einer Kennlinie

Die Norm DIN EN 60891 beschreibt ein Verfahren für die Ermittlung des Serien-Innenwiderstandes, indem von einer Solarzelle zwei Kennlinien mit unterschiedlichen Einstrahlungen und gleicher Temperatur gemessen werden und daraus der Serien-Innenwiderstand R_s berechnet wird.

Zur experimentellen Untersuchung des Kennlinienverhaltens bei unterschiedlichen Innenwiderständen wurde ein Innenwiderstands-Simulator entwickelt, mit dem die verschiedenen Störfälle simuliert werden können.

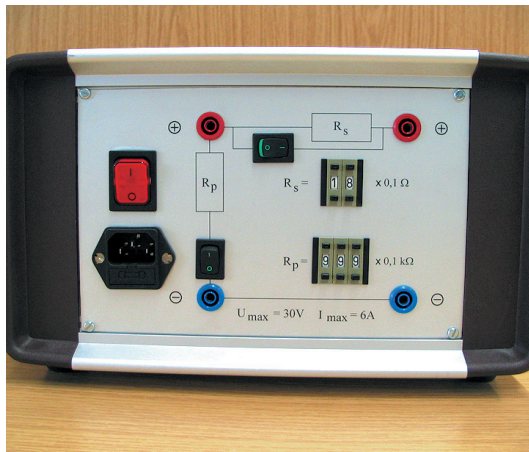


Abb. 2: Serien- und Parallel-Innenwiderstand-Simulator

Es konnte ein Algorithmus für die Simulation der zweiten notwendigen Kennlinie in Abhängigkeit vom Füllfaktor der Kennlinie gefunden werden.

Die Methode zur R_s -Messung aus nur einer Kennlinie konnte zum Patent angemeldet werden [4].

2.2. Solargenerator-Simulator

Zur Durchführung der Serien-Innenwiderstand-Experimente sowie zur Funktionsprüfungen und Wirkungsgradmessungen von Wechselrichtern wurde ein Simulator der Nennleistung 1kW entwickelt.



Abb. 3: 1kW-Solargenerator-Simulator

Dieser modular aufgebaute PV-Simulator lässt sich erweitern zu einem großen Generator von mehreren Kilowatt Nennleistung. Dadurch können auch Wechselrichter für Großanlagen geprüft werden. Das Labormuster des PV-Simulators besteht aus 20 Einzelmodulen mit den Grenzwerten maximaler Kurzschlussstrom $I_{SC}=2A$, maximale Leerlaufspannung $U_{OC}=40V$ und maximale Leistung 50W. Die tatsächlichen Werte sind zwischen Null und den Maximalwerten variabel einstellbar.

Für Extremwert-Messungen kann mit diesem Labormuster ein Wechselrichter mit maximal 800V und maximal 40A beaufschlagt werden.

2.3. Testprozedur für Wechselrichter

Der Eurowirkungsgrad eines Wechselrichters beschreibt den resultierenden Wirkungsgrad des Wechselrichters bei unterschiedlichen Lastfällen. Es wird ein gewichteter Mittelwert gebildet, der die mitteleuropäische Wetterstatistik beschreibt. Zur Bestimmung des Eurowirkungsgrades müssen für die vorgegebenen 6 Teillastfälle die jeweiligen Wechselrichter-Wirkungsgrade ermittelt werden. Dadurch wird es beispielsweise möglich, den tatsächlichen Eurowirkungsgrad eines überdimensionierten Wechselrichters in einer gegebenen Anlagen-Konfiguration zu ermitteln.

2.4. Verluste bei Verschaltung

Bei der Verschaltung von einzelnen PV-Modulen zu großen Generatoren können interne Verluste dadurch auftreten, dass ungleiche PV-Module (bedingt durch Herstellertoleranzen) in Reihe oder parallel verschaltet werden müssen. Das bekannte Bild vom schwächsten Glied einer Kette, das die

ganze Kette schwächt gilt im Prinzip auch bei der Reihenschaltung von PV-Modulen. Allerdings sind die tatsächlichen Verluste durch die Verschaltung ungleicher Module bisher noch nicht ausführlich untersucht worden. Dies wurde in unserem Forschungsprojekt durchgeführt. Um diese im Labor gewonnenen Ergebnisse auch unter natürlichen Umgebungsbedingungen überprüfen zu können, wurde ein „nicht-optimaler“ PV-Generator benötigt.



Abb. 4. PV-Generator mit Ost-, West- und Süd-Ausrichtung

Im Rahmen des Produktes evivo Natur hat sich RWE Plus verpflichtet, die Mehrerlöse von 1,02 Eurocent je Kilowattstunde in Anlagen zur Nutzung regenerativer Energien zu investieren. Diese Mittel konnten im Jahr 2004 eingesetzt werden, um eine PV-Experimentieranlage auf dem Dach der FH Dortmund zu installieren.

Das Bild zeigt die für eine „normale“ Anlage ungewöhnliche Orientierung der Generatorgruppen.

Ziel diese Anordnung ist es, die tatsächlichen Energieeinbußen durch ungünstige Dachorientierungen messtechnisch zu erfassen. Nach unserer Beobachtung wird nämlich der Verlust beispielsweise von Ost-Orientierung gegenüber Süd-Orientierung überschätzt. Wir wollen zeigen, dass PV-Installationen auch bei Südost- oder Südwestausrichtung noch gute Energieerträge liefern. Wieviel genau bei dortmunder Klimaverhältnissen, das sollen die Messungen an unserer Anlage zeigen.

3. Ausblick

Im Rahmen der Durchführung unseres aktuellen Forschungsprojektes PV-Prüfkonzepte ist es uns gelungen, alle definierten Projektziele wie geplant zu erreichen. Im Laufe der Arbeit tauchten neue Fragestellungen auf, die bis zum Ende der Laufzeit (März 2005) nicht mehr bearbeitet werden können.

Zur Kontrolle des Energieertrages von PV-Anlagen muss auch die Wirkungsgradveränderung der PV-Zelle in Abhängigkeit von Einstrahlung und Temperatur bekannt sein. Für kristalline Silizium-Zellen ist das Wirkungsgrad-Verhalten bekannt. In jüngster Zeit kommen vermehrt neue Materialien zum Einsatz: Amorphes Silizium, Tandem-Zellen, Triple-Junction-Zellen, CIS (Kupfer-Indium-Diselenid), u.s.w. Für die Messung von Peakleistung und Performance-Ratio vor Ort werden neue, auf diese Zelltypen angepasste Messverfahren benötigt. Zur Erarbeitung dieser Messverfahren wurde ein Antrag zur Verlängerung des Forschungsprojektes an das Ministerium für Wissenschaft und Forschung NRW gestellt.



Abb. 5: Das Forscherteam Dipl.-Ing Gerald Kunz, Prof. Dr. Andreas Wagner

Weitere Informationen
www.pv-engineering.de

- [1] Kunz G., Schulte K.M., Wagner A.: Qualitätssicherung durch Peakleistungs-Messung unter natürlichen Umgebungsbedingungen. – VDI-Berichte Nr. 1594, Fortschrittliche Energiewandlung und –anwendung. Schwerpunkt: Dezentrale Energiesysteme. Tagung Bochum 13. und 14. März 2001.
- [2] Wagner A.: Verfahren zur Qualitätskontrolle von photovoltaischen Zellen und Modulen (PV-Modulen). – Patent Nr. DE 100 26 162 C2. Deutsches Patent- und Markenamt, München 27.6.2002.
- [3] Kunz G., Wagner A.: Internal Series Resistance Measurement of Only One IV-Curve under Illumination – Proceedings EuroSun 2004, 5th ISES Europe Solar Conference, Freiburg, Germany, 20-23 June 2004.
- [4] Wagner A.: Verfahren zur Serien-Innenwiderstands-Messung von photovoltaischen Zellen und Modulen (PV-Modulen). – Schutzrecht-Anmeldung Aktenzeichen 103 05 662.9-35 Deutsches Patent- und Markenamt, München 2003.