

PID - das Problem und seine Lösung

Modulregeneration mit der PV Offset Box



Inhalt

Die Potenzialinduzierte Degradation (engl.: Potential Induced Degradation, PID) ist ein Effekt, der einige PV-Module mit kristallinen Si-Zellen betrifft und zu schleichenden Leistungseinbußen führt, die nach ein paar Jahren 30 Prozent und mehr betragen können. Einige Modulhersteller arbeiten bereits an der Entwicklung von Gegenmaßnahmen durch den Einsatz neuer Materialien, doch der allgemeine Trend zu 3-phasigen Systemen und Systemspannungen bis zu 1 000 Volt verschärft das Problem momentan eher noch. Neben der negativen Erdung des PV-Generators bietet SMA Solar Technology AG nun eine einfache technische Lösung, die diese Art der Leistungsminderung von PV-Modulen auch beim Einsatz transformatorloser Wechselrichter zuverlässig vermeidet. Diese Technische Information gibt zunächst einen kurzen Überblick über den Effekt der PID und stellt im Anschluss die Funktionsweise der PV Offset Box und ihre Einsatzmöglichkeiten vor.

1 Hintergrund: Spannung und Potenzial gegen Erde

Zum Verständnis der PID sind zunächst die Begriffe Spannung und Potenzial zu unterscheiden: Das elektrische Potenzial eines Punktes beschreibt seine Spannung gegenüber einem definierten Bezugs- und Nullpunkt, in den meisten Fällen ist das die Erde. Der Begriff „Spannung“ beschreibt dagegen einen Potenzialunterschied zwischen beliebigen Punkten, also schlicht die Differenz zweier elektrischer Potenziale.

Beispiel: Wenn Punkt A ein Potenzial von 380 Volt gegen Erde hat und Punkt B ein Potenzial von 430 Volt, so beträgt die Spannung zwischen A und B genau 50 Volt.

Typische PV-Module liefern unter Nennbedingungen etwa 30 Volt, durch serielles Verschalten zu Modulstrings ergibt sich die wesentlich höhere Generatorspannung. Sie treibt einen entsprechenden Gleichstrom, den der Wechselrichter in netzkonformen Wechselstrom umwandelt. Der Erdbezug des PV-Generators, sein Potenzial, wird durch das Potenzial des angeschlossenen Stromnetzes und den Aufbau des Wechselrichters vorgegeben. Plus- und Minuspol des PV-Generators liegen idealerweise symmetrisch zum Potenzial des (geerdeten) Neutralleiters. Beträgt die MPP-Spannung des Modulstrings beispielsweise 400 Volt, so hat das PV-Modul am negativen Ende ein Potenzial von -200 Volt gegen Erde, während das Modul am positiven Ende des Strings ein Potenzial von $+200$ Volt aufweist (siehe SB mit Trafo in Abbildung 1). Bei einigen transformatorlosen Wechselrichtern kann es aber auch zur negativen Seite verschoben sein. Das Problem: Ein positives oder negatives Potenzial gegen Erde kann je nach Modultyp unerwünschte Nebenwirkungen haben – die hier behandelte PID ist eine davon.

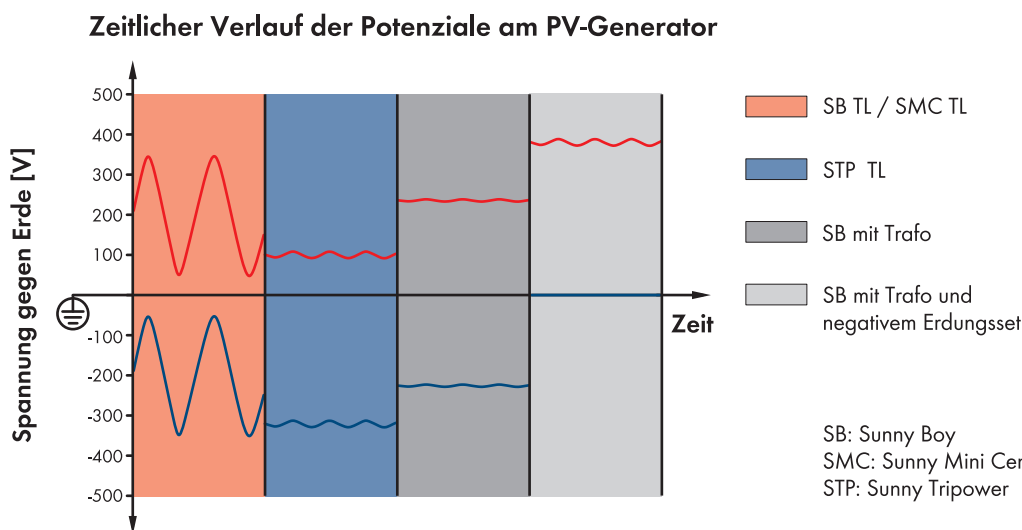


Abbildung 1: Das Potenzial (Betrag, Vorzeichen und zeitlicher Verlauf) des untersten (blau) bzw. obersten (rot) PV-Moduls innerhalb eines Strings hängt ab vom Typ des eingesetzten Wechselrichters und davon, ob ein Generatorpol geerdet ist. Beispiel für eine MPP-Spannung von 400 V.

Nur bei der Verwendung galvanisch trennender Wechselrichter kann der Bereich und insbesondere das Vorzeichen des Generatorpotenzials frei festgelegt werden. Weil diese ihre Leistung nicht direkt, sondern über eine magnetische Kopplung in das öffentliche Stromnetz abgeben, ermöglichen sie grundsätzlich die Erdung des PV-Generators. Damit lässt sich das Potenzial des gesamten PV-Generators vollständig in den positiven oder negativen Bereich verschieben. Bei transformatorlosen Wechselrichtern besteht diese Möglichkeit jedoch nicht, da sie elektrisch leitend mit dem öffentlichen Stromnetz verbunden sind und es bei einer Erdung intern zum Kurzschluss kommen würde.

2 Was ist potenzialinduzierte Degradation (PID)?

Das hier geschilderte Phänomen tritt ausschließlich bei Modultypen auf, deren Zellen aus kristallinem Silizium bestehen. Haben die Module im Betrieb ein negatives Potenzial gegen Erde, kommt es zu einer entsprechend hohen negativen Spannung zwischen den Zellen des PV-Moduls und dem aus Sicherheitsgründen geerdeten Aluminiumrahmen. Der Effekt ist umso stärker, je näher sich das Modul am Minuspol des PV-Generators befindet, denn dort kann das Potenzial (und damit die Spannung zwischen Zellen und Aluminiumrahmen) mehr als die halbe Generatorspannung erreichen. Es kann deshalb passieren, dass sich Elektronen aus den im PV-Modul verwendeten Materialien lösen, diesem elektrischen Feld folgen und schließlich über den geerdeten Aluminiumrahmen abfließen. Das Resultat ist eine zunehmende Aufladung (Polarisation) des Moduls, die – wenn keine Gegenmaßnahmen ergriffen werden – dessen Kennlinie und damit Leistung nachteilig verändert (Abbildung 2).

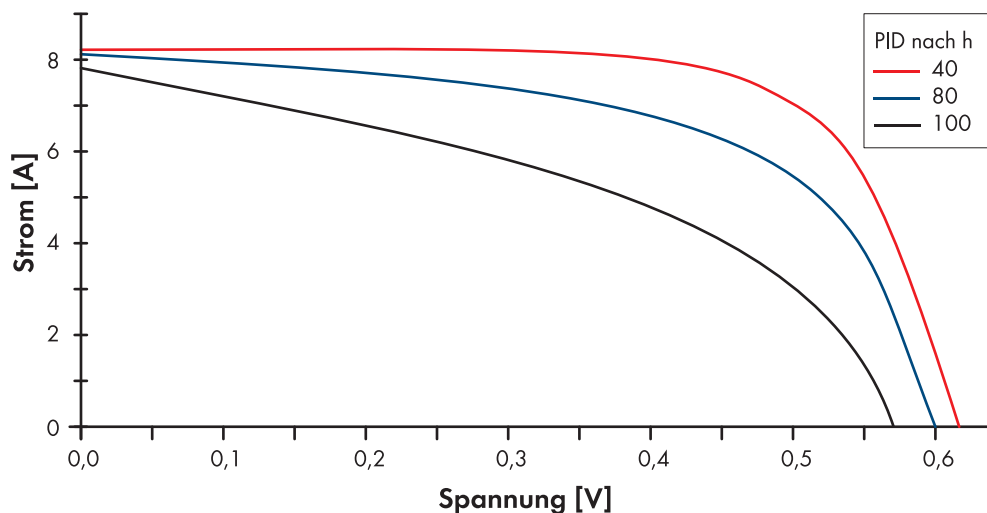


Abbildung 2: Die Kennlinie eines PV-Moduls im Ursprungszustand und während des Degradationsvorgangs. Charakteristisch ist eine Abflachung, bei der die Leerlaufspannung und der Kurzschluss-Strom fast unverändert bleiben, die maximale Leistung (MPP) sich aber um 30 Prozent oder mehr verringert.*

* J. Berghold et.al, Potential Induced Degradation of solar cells and panels, proceedings of the 25th EU PVSEC, 2010

Warum die elektrische Aufladung des PV-Moduls so kritisch ist, erklärt sich aus der Funktionsweise der Solarzellen. Der photovoltaische Effekt beruht ja darauf, dass dort zwei unterschiedliche Halbleitermaterialien zusammen kommen und durch Ladungsaustausch ein internes elektrisches Feld aufbauen. Erst dieses Feld führt dazu, dass durch Lichtenergie frei gewordene Elektronen von ihrem Platz weggezogen werden und als elektrischer Strom über die Kontakte abfließen. Zusätzliche Ladungsträger können diesen Effekt empfindlich stören und so einen deutlichen Leistungsverlust verursachen.

Allerdings hat sich herausgestellt, dass solche Polarisierungen in den meisten Fällen umkehrbar sind. Deswegen unterscheidet man sie von irreversiblen Effekten wie Korrosionen und der normalen altersbedingten Degradation. Die heute hierfür allgemein verwendete Bezeichnung „Potential Induced Degradation“* wurde erstmals in der 2010 veröffentlichten Publikation des Modulherstellers Solon verwendet, in der das Phänomen ausführlich untersucht wurde.

3 Weitere Informationen zu PID

Auf PID zurückzuführende Leistungsverluste waren in der Vergangenheit auf Einzelfälle beschränkt. Neuerdings gibt es jedoch vermehrt Anzeichen dafür, dass viele Zelltypen dieses Fehlerbild zeigen, ohne dass der Hersteller sich dessen bewusst ist. In der zuvor erwähnten Publikation der Firma Solon werden die wesentlichen Einflussfaktoren für eine PID-Anfälligkeit identifiziert:

- Solarzelle: Der Aufbau der Solarzelle hat über die Ladungsträgerdichte des verwendeten Siliziums und über die chemische Zusammensetzung der Antireflexschicht einen Einfluss auf die PID.
- PV-Modul: Auch die verwendeten Materialien des PV-Moduls spielen eine Rolle, z. B. die direkt mit der Solarzelle in Kontakt stehende Laminierfolie (meist EVA).
- Systemkonfiguration: Wie oben beschrieben ist das maximale negative Potenzial der PV-Module von Bedeutung. Dieses hängt von der Länge der Modulstrings, dem Wechselrichter-Typ und der eventuellen Erdung des PV-Generators ab.
- Zeit: Die PID und der daraus folgende Leistungsverlust sind nicht sofort erkennbar, sondern entwickeln sich in Zeiträumen von einigen Monaten bis wenigen Jahren.

* J. Berghold et.al, Potential Induced Degradation of solar cells and panels, proceedings of the 25th EU PVSEC, 2010

4 PV Offset Box als Lösung

Bei PV-Anlagen mit galvanisch trennendem Wechselrichter lässt sich die PID durch die Erdung des Minuspols des PV-Generators zuverlässig verhindern, da hierdurch das Potenzial des gesamten PV-Generators ins Positive verschoben wird. Bei PV-Anlagen mit transformatorlosen Wechselrichtern, die prinzipbedingt deutlich preisgünstiger und effizienter sind, kann der gewünschte Effekt durch die PV Offset Box erreicht werden. Dabei nutzt die PV Offset Box die Tatsache, dass der PID-Effekt reversibel ist und vergleichsweise langsam voranschreitet.

Die Funktionsweise: Fällt die Generatorspannung nach Sonnenuntergang unter einen definierten Grenzwert, legt die PV Offset Box die Zellen des gesamten PV-Generators auf ein hohes, positives Potenzial (zwischen +400 und +1 000 Volt gegen Erde) und macht so den im Betrieb entstandenen Polarisierungseffekt wieder rückgängig (Abbildung 3). Beim Einsatz an einem bereits länger von PID betroffenen PV-Generator dauert die vollständige Regeneration der Module in etwa ebenso lange wie die Degradation. Die hierfür aus dem Hausnetz bezogene Energie ist übrigens vernachlässigbar gering, weil bei der nächtlichen Regeneration aufgrund einer Strombegrenzung in der PV Offset Box lediglich ein minimaler Strom fließt ($P_{AC\ nom} < 3\ \text{Watt}$).

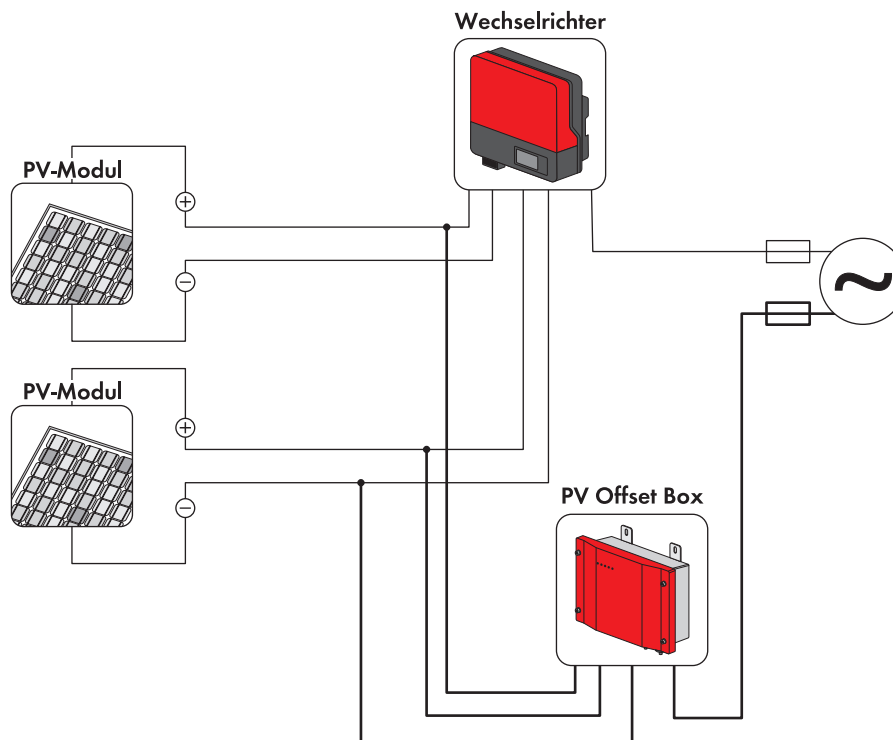


Abbildung 3: Bei Anlagen mit separat betriebenen Modulstrings wird die PV Offset Box auf der Generatorseite mit einem Minuspol sowie den Pluspolen der beiden Strings verbunden. Erst wenn beide Stringspannungen einen definierten Grenzwert unterschreiten, wird die Regenerationsspannung angelegt.

Hinweis: Auch wenn die Module beim Regenerationsvorgang keinen höheren Spannungen ausgesetzt sind als im Normalbetrieb, muss vor dem Einsatz der PV Offset Box die Freigabe des Modulherstellers eingeholt werden.

5 Zusammenfassung der Vorteile

- Dauerhafte und sichere Lösung des PID-Problems
- Mehr Energie-Ertrag durch den Einsatz transformatorloser Wechselrichter
- Nachrüstung von Altanlagen problemlos möglich
- Kostenvorteil durch den Einsatz transformatorloser Wechselrichter
- Kostenvorteil durch den Entfall des Erdungssets
- Vernachlässigbarer Energieverbrauch
- Prinzipielle Kompatibilität mit PV-Wechselrichtern anderer Hersteller

Alternativen zum Einsatz der PV Offset Box:

- Austausch der betroffenen PV-Module gegen neue, nicht PID-anfällige PV-Module
- Einsatz eines galvanisch trennenden Wechselrichters und eines negativem Erdungssets

6 Voraussetzungen für den Betrieb einer PV Offset Box

Die SMA PV Offset Box ist prinzipiell mit allen Wechselrichtern kombinierbar. Für den Anschluss der SMA PV Offset Box an eine PV-Anlage muss jedoch die Freigabe sowohl vom Hersteller der PV-Module als auch vom Hersteller des Wechselrichters vorliegen. Beachten Sie gegebenenfalls zusätzliche Anforderungen der Hersteller.

Je nach Betriebsart gibt die SMA PV Offset Box eine fest eingestellte Spannung aus oder regelt ihre Ausgangsspannung automatisch. Bei automatischer Spannungsregelung hält die SMA PV Offset Box selbstständig die maximal zulässige Systemspannung ein.

Bei einer fest eingestellten Ausgangsspannung darf diese die maximale DC-Spannung der PV-Module und des Wechselrichters nicht überschreiten. Angaben zur maximalen DC-Spannung der Komponenten Ihrer PV-Anlage finden Sie in der zugehörigen Produktdokumentation. Spezielle Einschränkungen für den Betrieb mit der SMA PV Offset Box entnehmen Sie den Herstellerfreigaben der PV-Module und Wechselrichter.

7 Allgemeiner Hinweis zum Vorgehen bei Leistungs- und Ertragsverlust

Das Phänomen der PID bezieht sich ausdrücklich nur auf einige Modultypen mit Solarzellen aus kristallinem Silizium. Es ist nicht zu verwechseln mit der TCO-Korrosion, einem nicht reversiblen Vorgang, der bei einigen Dünnschichtmodulen auftreten kann, vor allem bei CdTe und a-Si (Weitere Informationen zum Thema TCO-Korrosion finden Sie in der Technischen Information „Modultechnik“).

Zudem gibt es eine Vielzahl anderer Ursachen für Ertragsverluste, eine fachmännische Prüfung der PV-Anlage wird in einem solchen Fall dringend empfohlen. Anlagenbetreiber, die den Verdacht haben von PID betroffen zu sein, sollten sich über Ihren Installateur an den Modulhersteller wenden. Folgende Indizien sprechen aber dafür, dass die Anlage von PID betroffen ist:

- Das Verhältnis der MPP-Spannung zur Leerlaufspannung (U_{mpp} / U_0) und auch die Leerlaufspannung U_0 selbst hat sich gegenüber den im Datenblatt angegebenen Werten kontinuierlich verringert.
- Anlagenteile, die mit identischen PV-Modulen aber anderen Wechselrichtern realisiert wurden, zeigen keine Leistungseinbuße. Besonders gilt dies, wenn diese Anlagenteile mit einer anderen Stringspannung betrieben werden.

Eine Befragung des Herstellers könnte weitere Klarheit bringen. Wenn dieser nicht ausdrücklich betont, dass er seine PV-Module entsprechend getestet und für PID-frei befunden hat, besteht meist ein gewisses PID-Risiko.

Kontakt

SMA Solar Technology AG

Sonnenallee 1
34266 Niestetal
www.SMA.de

SMA Service Line

Tel.: +49 561 9522 1499
Fax: +49 561 9522 4699
E-Mail: ServiceLine@SMA.de

SMA Solar Technology

www.SMA-Solar.com

SMA Solar Technology AG

www.SMA.de

SMA Australia Pty. Ltd.

www.SMA-Australia.com.au

SMA Benelux bvba/sprl

www.SMA-Benelux.com

SMA Beijing Commercial Company Ltd.

www.SMA-China.com.cn

SMA Central & Eastern Europe s.r.o.

www.SMA-Czech.com

SMA France S.A.S.

www.SMA-France.com

SMA Hellas AE

www.SMA-Hellas.com

SMA Ibérica Tecnología Solar, S.L.U.

www.SMA-Iberica.com

SMA Solar India Pvt. Ltd.

www.SMA-India.com

SMA Italia S.r.l.

www.SMA-Italia.com

SMA Japan K.K.

www.SMA-Japan.com

SMA Technology Korea Co., Ltd.

www.SMA-Korea.com

SMA Middle East LLC

www.SMA-Me.com

SMA Portugal - Niestetal Services Unipessoal Lda

www.SMA-Portugal.com

SMA Solar (Thailand) Co., Ltd.

www.SMA-Thailand.com

SMA Solar UK Ltd.

www.SMA-UK.com

