



EPISODE 59

Verständnis des PID-Mechanismus und
Lösungen für P-Typ und N-Typ-Panels

Bankable. Reliable. Local.

Verständnis des PID-Mechanismus und Lösungen für P-Typ und N-Typ-Panels

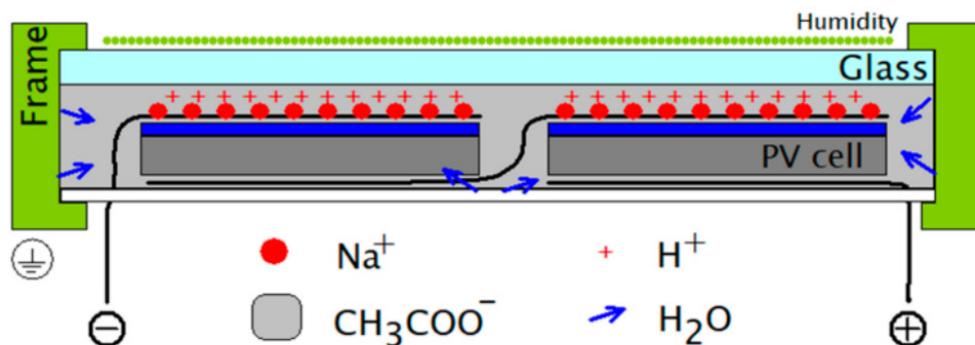
>> Hintergrund

Die potenzialinduzierte Degradation (PID) hat erhebliche Auswirkungen auf die langfristige Stabilität und Zuverlässigkeit von Photovoltaikmodulen. Der Umgang mit PID erfordert ein Verständnis der Ursachen und die Implementierung effektiver Lösungen. Dieses Solis-Seminar untersucht die PID-Mechanismen von P- und N-Photovoltaikmodulen und bietet Einblicke in Schutzmethoden.

Die Hauptursachen für PID

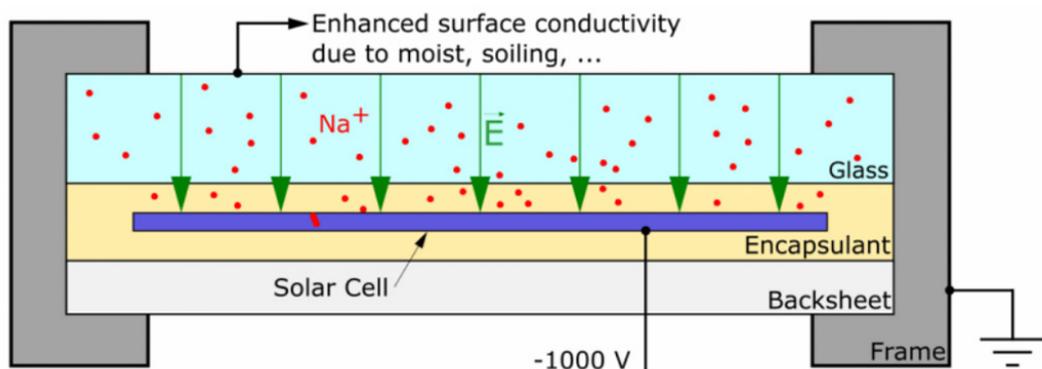
Das Ableitstrom-Phänomen:

Schlechte Isolierung in PV-Paneeelen führt zu Ableitstrom, insbesondere in feuchten Umgebungen, was das Eindringen von Wasserdampf zur Folge hat. Chemische Reaktionen zwischen EVA-Folie, Glas und Wasserdampf erzeugen Na^+ , was unter dem Einfluss eines angelegten elektrischen Feldes zu PID führt.



Hohe Systemspannung:

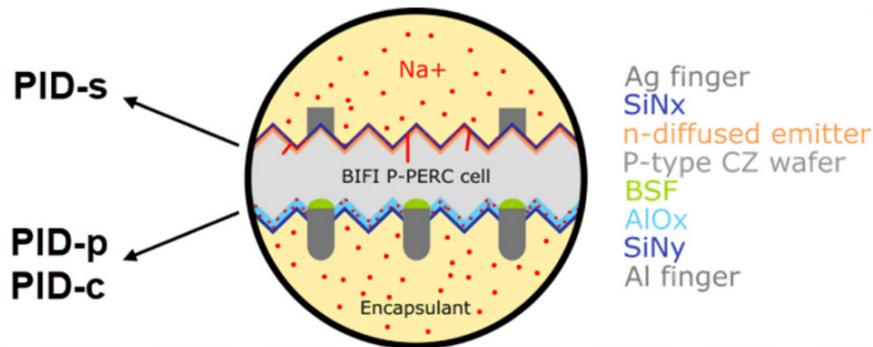
Normalerweise liegt die Leerlaufspannung einer einzelnen PV-Serie bei etwa 1000V, die Arbeitsspannung beträgt etwa 800V. Der aus einer Aluminiumlegierung bestehende Rahmen der Einheit muss gegen Blitzschlag geschützt und geerdet werden. Bei dieser Konfiguration entsteht zwischen der Batterie und dem Aluminiumrahmen eine beträchtliche hohe Gleichspannung. Infolgedessen kommt es zu einer Vorspannung zwischen der PV-Zelle und dem metallischen Erdungsrahmen, was wiederum zu einer Potenzialinduktion führt.



Die wichtigsten PID-Typen bei PV-Modulen

Typ	Grundsatz	Level
PID-s (Shunting)	Da Na ⁺ im Glas in die Zelle wandert, bildet sich im Inneren der Zelle ein leitender Kanal aus leitenden Verunreinigungen, der den Shunt-Widerstand (R _{sh}) und den Füllfaktor (FF) verringert.	Mittel, teilweise Wiederherstellung und langsame Wiederherstellung.
PID-p (Polarisierung)	Bei hoher Spannung über einen längeren Zeitraum sammeln sich aufgrund des Einflusses des Ableitstroms auf das Panel die positiven und negativen Ladungen in der Passivierungsschicht an und bilden einen Oberflächenverbund-Passivierungseffekt, der durch den Leistungsverlust gekennzeichnet ist, der durch die Reduzierung des Kurzschlussstroms (I _{sc}) dominiert wird.	Im Allgemeinen ist die Abschwächung reversibel und kann vollständig wiederhergestellt werden.
PID-c (Korrosion)	Aufgrund des Einflusses der äußeren Umgebung sind Materialien wie die Alterungsschicht von Komponenten, Al _x O _y , Siliziumnitrid (Si ₃ N ₄) und Metallteile elektrochemischer Korrosion ausgesetzt, die durch Stromverluste verursacht wird.	Schwerwiegend, gehört zu den irreparablen Schäden.

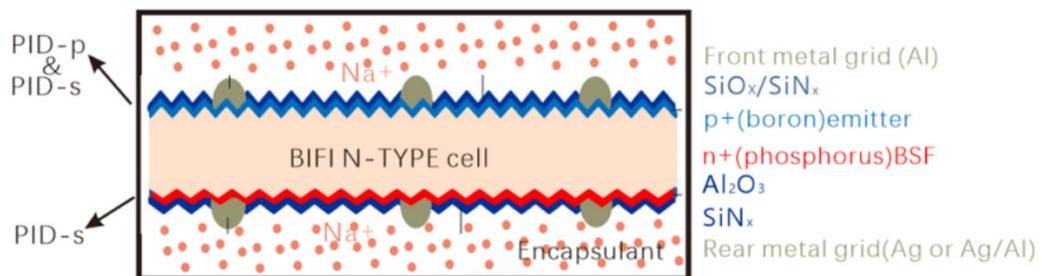
P-Typ Modul PID-Effekt Eigenschaften (BIFACIAL DUAL GLAS MODULE)



PID-Mechanismus eines doppelseitigen PERC-PV-Moduls des Typen P

Wie in der Abbildung zu sehen ist, ist bei doppelseitigen Doppelglaskomponenten vom P-Typ die Vorderseite in der Regel PID-s, die Rückseite in der Regel PID-p, und PID-c kann auftreten. Aufgrund der Berücksichtigung des Blitzschutzes und der Erdung des PV-Modulrahmens bildet sich eine negative Vorspannung zwischen dem Panel und dem Rahmen. Zu diesem Zeitpunkt ist der Rahmen positiv geladen, und das Na⁺ im vorderen Glas wandert und sammelt sich in der Klebeschicht auf der Oberfläche der Batterie, diffundiert und füllt den Defekt des Siliziumkristalls, durchdringt den PN-Übergang und bildet so den Ableitstromkanal an beiden Enden des PN-Übergangs.

Durch die negative Vorspannung sammelt sich Na⁺ im hinteren Glas schnell in der Klebefilmschicht auf der Rückseite der Batterie und zieht die Elektronen auf der Rückseite und der Original-Passivierungsschicht mit negativer Ladung an, was zu einer Verschlechterung des Passivierungseffekts und damit zu einer Abschwächung der PID-p führt. Je näher dies am negativen Ausgangspanel geschieht und je größer die negative Vorspannung ist, desto offensichtlicher ist der PID-Ausfall.



P-Typ Modul PID-Effekt Eigenschaften (BIFACIAL DUAL GLAS MODULE)

Wie in der Abbildung gezeigt, ist die Vorderseite bei Batterien des Typs N in der Regel PID-s und PID-p gedämpft und die Rückseite in der Regel PID-s gedämpft. Die Vorderseite ist ähnlich wie bei der P-Panel-Applikation, mit negativer Vorspannung zwischen dem Panel und der Blende. Na⁺ im Frontglas sammelt sich auf der Oberfläche der Batterie an. Einerseits fließt Na⁺ durch den PN-Übergang und bildet einen Kanal für Ableitströme, was zu PID-s führt. Andererseits werden die negativen Elektronen der Passivierungsschicht von Na⁺ angezogen, was zu einer Verschlechterung des Passivierungseffekts und damit zum PID-p-Phänomen führt.

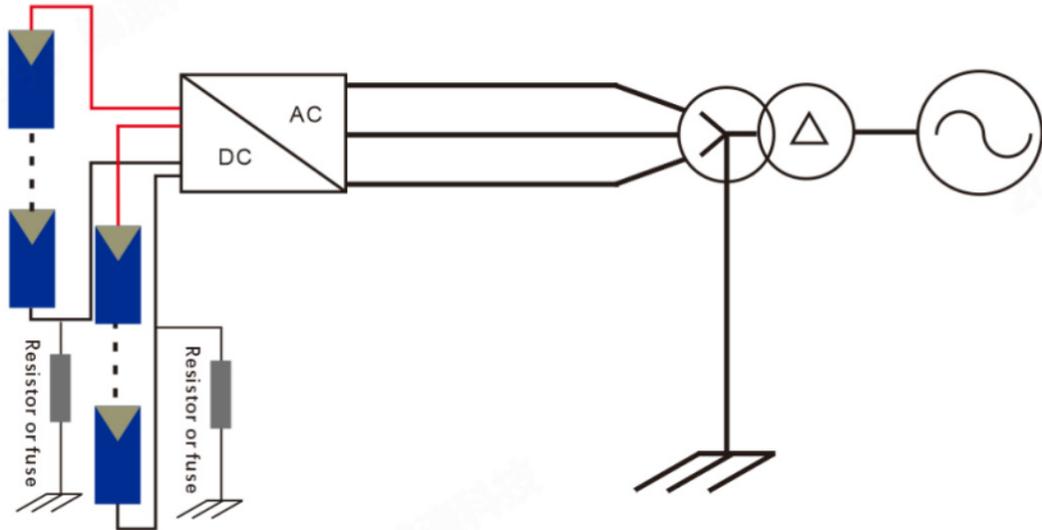
Im Vergleich zum P-Typ PV-Modul ist der positive Carrier des N-Typ PV-Moduls ein Elektron, das einen größeren PID-s-Verlust hat, und der Verlust ist gravierender als der auf der Rückseite. Aufgrund der negativen Vorspannung auf der Rückseite sammelt sich Na⁺ im hinteren Glas schnell in der Klebeschicht auf der Rückseite der Batterie, passiert den PN-Übergang und bildet einen Kanal für den Ableitstrom, was zu einer Abschwächung der PID-s führt.

Auf der Grundlage der obigen Analyse ist die Auslösung des PID-Effekts durch PV-Module vom N-Typ oder P-Typ konsistent, und nur die PID-Typen unterscheiden sich in verschiedenen Ebenen, so dass die Schutzmethoden die gleichen sind, hauptsächlich wie folgt:

Lösung für die negative direkte Erdung:

Durch die Erdung der negativen Elektrode des PV-Moduls oder des Wechselrichters über einen Widerstand oder eine Sicherung wird sichergestellt, dass die negative Spannung des Moduls und des geerdeten Metallrahmens das gleiche Potenzial beibehalten. Diese Lösung wird vor allem bei Zentralwechselrichtern verwendet, wie in der Abbildung dargestellt.

Hinweis: Diese Lösung ist auf die Verwendung von isolierten Wechselrichtern beschränkt. Bei nicht isolierten Photovoltaik-Wechselrichtern sind zusätzliche Trenntransformatoren erforderlich, die relativ höhere Kosten und ein niedrigeres Sicherheitsniveau mit sich bringen.

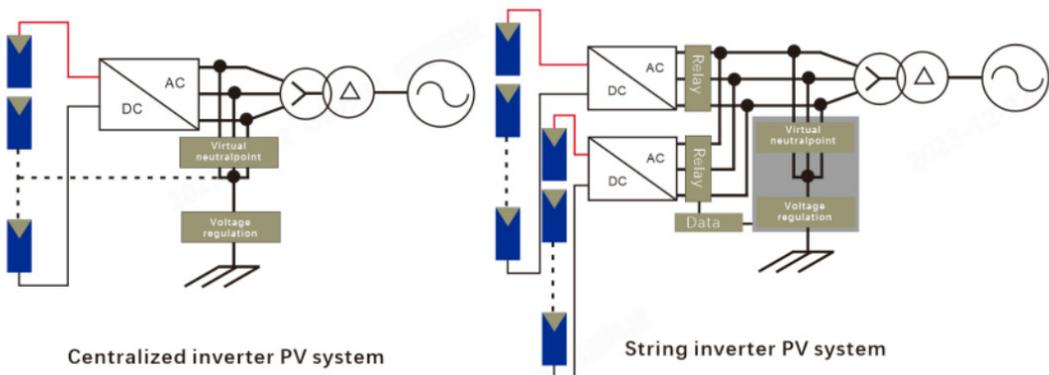


The negative direct grounding solution

Virtuelle Neutraleiter-Erdungslösung:

Ideal für große Photovoltaikanlagen, die aus String-Photovoltaik-Wechselrichtern und Zentralwechselrichtern bestehen. Die Anhebung des Potentials des virtuellen Neutraleiters bietet die negative Spannung des PV-Strings in der Nähe des Nullpotenzials, wodurch eine effektive PID-Unterdrückung erreicht wird.

Hinweis: Diese Lösung eignet sich zwar für den PID-Schutz in neuen Projekten, kann aber keine von PID betroffenen PV-Systeme reparieren. Sie bietet keinen Punkt-zu-Punkt-Schutz, und Geräteausfälle können den Modulschutz des gesamten PV-Subarrays beeinträchtigen.

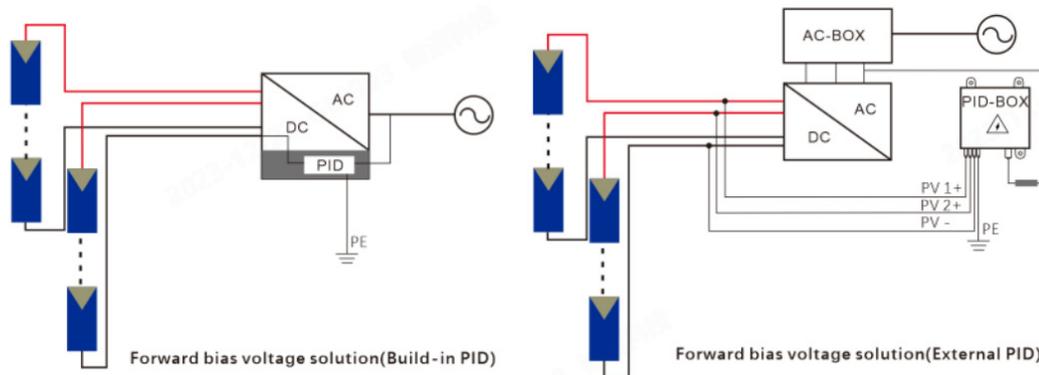


Centralized inverter PV system

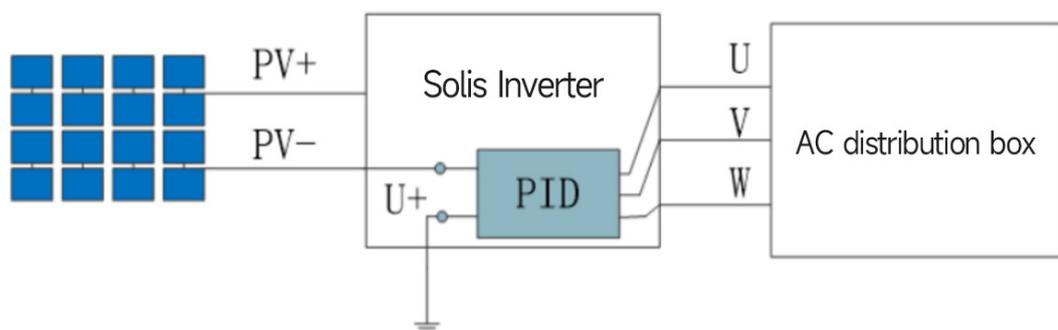
String inverter PV system

Lösung für die Vorspannung:

Unter Verwendung des internen oder externen PID-Moduls des Wechselrichters wird eine positive Vorspannung an die positiven und negativen Elektroden des PV-Strings angelegt, um den PID-Effekt zu reparieren. Diese Lösung bietet verschiedene Output-Modi.



Aktuelle Praxis: Der vorherrschende Ansatz ist die Verwendung der eingebauten Anti-PID-Technologie, hauptsächlich in Solis-Wechselrichtern. Diese Technologie erleichtert die PID-Reparatur auf Stringebene innerhalb des Wechselrichters und erhöht so die Genauigkeit und Zuverlässigkeit des Reparaturprozesses. Insbesondere wird bei diesem Ansatz der Einsatz eines Transformators überflüssig.



>> Fazit

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass der Einsatz dieser einheitlichen PID-Lösungen den effizienten Betrieb und die Langlebigkeit sowohl von N-Typ- als auch von P-Typ-PV-Modulen gewährleistet. Solis-Wechselrichter, die mit integrierten PID-Reparaturmodulen ausgestattet sind, stellen eine zeitgemäße und zuverlässige Wahl zur Optimierung der Leistung von Photovoltaikanlagen dar.