



EPISODE 59

Comprendiendo el Mecanismo y Soluciones del PID para Paneles Tipo P y Tipo N

Bankable. Reliable. Local.

Comprendiendo el Mecanismo y Soluciones del PID para Paneles Tipo P y Tipo N

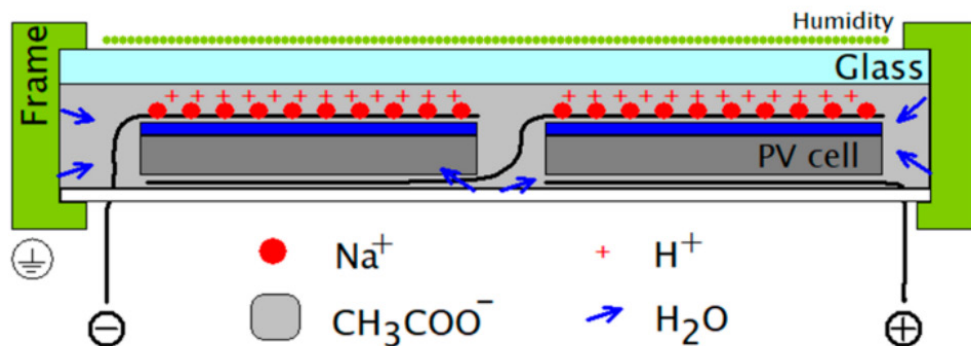
>> Antecedentes

La Degradación por Potencial Inducido (PID) impacta significativamente la estabilidad y confiabilidad a largo plazo de los módulos fotovoltaicos. Mitigar los efectos del fenómeno PID implica comprender sus causas e implementar soluciones efectivas. Este seminario de Solis explora los mecanismos del PID específicos para los paneles fotovoltaicos tipo P y tipo N, ofreciendo perspectivas sobre métodos de protección.

Principales Causas del PID

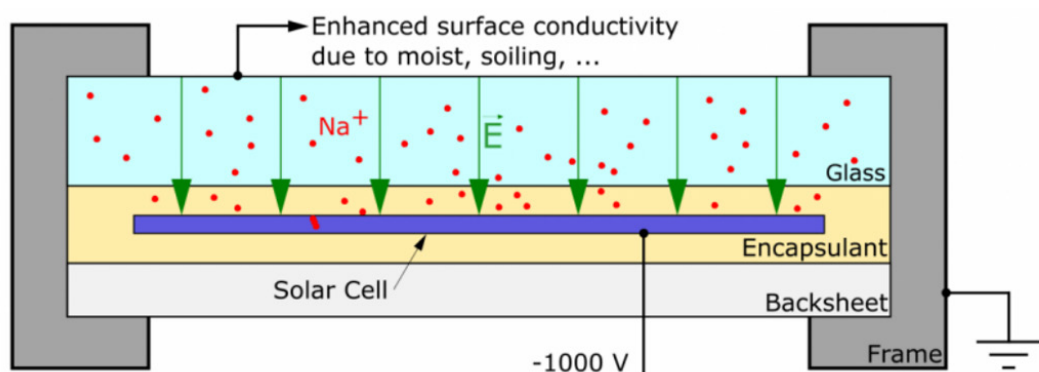
Fenómeno de Corriente de Fuga:

El encapsulado de los módulos fotovoltaicos puede generar fugas de corriente no deseadas, especialmente en ambientes húmedos, lo que provoca la infiltración de vapor de agua. Las reacciones químicas entre los materiales de la cubierta EVA, el vidrio y el vapor de agua, producen iones de sodio (Na^+), que sometidos a un campo eléctrico, resultan en PID.



Alto voltaje del sistema:

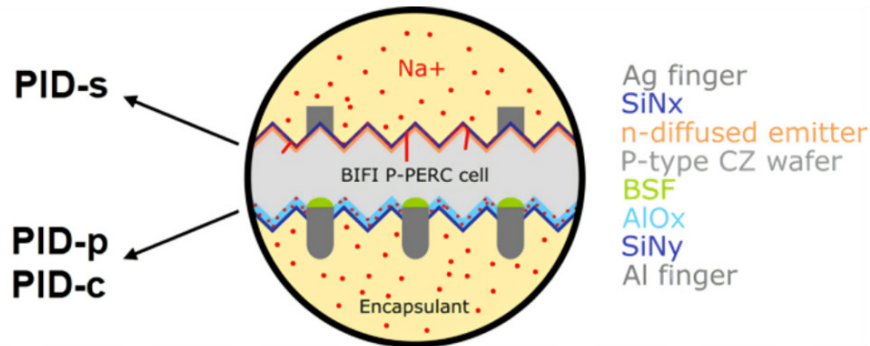
Normalmente, el voltaje de circuito abierto de una sola serie de paneles fotovoltaicos es alrededor de 1000V, y el voltaje de trabajo es aproximadamente de 800V. El marco de aleación de aluminio del componente requiere protección contra rayos y puesta a tierra. Esta configuración genera una alta diferencia de voltajes entre la celda fotovoltaica y el marco de aluminio del módulo, dando lugar al fenómeno de PID.



Los principales tipos de PID (Degradación por Potencial Inducido) en módulos fotovoltaicos son:

Tipo	Principio	Nivel
PID-s (derivación)	Debido a que los iones Na^+ reciben suficiente energía de activación, se depositan en el material semiconductor en forma de impurezas que reducen la resistencia en paralelo (R_{sh} - Vista desde la física del estado sólido del semiconductor) y su Factor de Forma (FF).	Medio, recuperación parcial y recuperación lenta.
PID-p (polarización)	Los altos voltajes por largos periodos y las fugas de corriente de los módulos fotovoltaicos, hacen que ambos polos de la capa con características de pasivación de la celda cambien la intensidad del proceso de recombinación de los portadores de carga en la superficie del material, reduzca la corriente de corto circuito (I_{sc}) y se pierda potencia.	Generalmente, la atenuación es reversible y puede ser completamente restaurada.
PID-c (corrosión)	Factores externos como el medio ambiente y algunos compuestos químicos que aceleran la degradación del material semiconductor; hacen que los Óxidos de Aluminio (Al_xO_y), las capas de Nitruros de Silicio (Si_xNy) y algunas partes metálicas estén sujetas a la corrosión electroquímica provocada por la pérdida de potencia.	Grave, pertenece al daño irreparable.

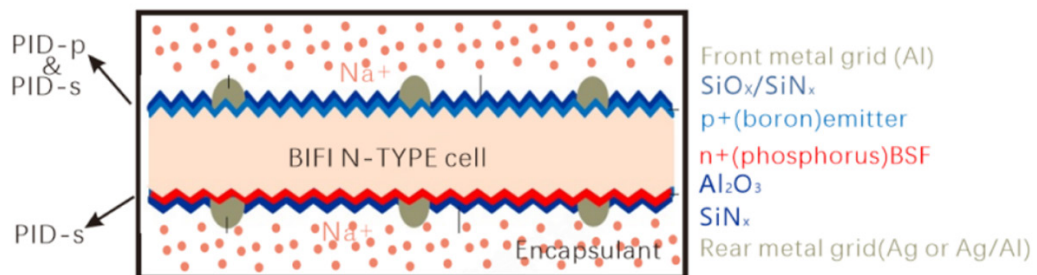
Características del efecto PID en módulos tipo P (módulo de vidrio doble bifacial)



Mecanismo de PID del módulo fotovoltaico PERC de tipo P de doble cara.

Como se muestra en la figura, para los componentes de doble vidrio de tipo P de doble cara, la parte frontal generalmente sufre de PID-s, la parte posterior generalmente sufre de PID-p, y puede ocurrir PID-c. Debido a la consideración de la protección contra rayos y la puesta a tierra del marco del módulo fotovoltaico, se forma un sesgo negativo entre el panel y el marco. En este momento, el borde está cargado positivamente, y el Na⁺ en el vidrio frontal migrará y se acumulará en la capa de película adhesiva en la superficie de la celda, y se difundirá y ocupará los "huecos" dentro de los cristales de silicio, pasando a través de la unión PN, formando así el canal de corriente de fuga en ambos extremos de la unión PN.

Debido al sesgo negativo, el Na⁺ en el vidrio trasero se acumula rápidamente en la capa de película adhesiva en la parte posterior de la celda, atrayendo a los electrones en la parte trasera y a la capa de pasivación original con carga negativa, alterando el efecto de pasivación, y resultando en la atenuación del PID-p. Y cuanto más cerca esté el panel de salida negativo, mayor será el sesgo negativo y más evidente será la falla de PID.



Características del efecto PID en el módulo de vidrio doble bifacial de tipo P.

Como se muestra en la figura, para las celdas, de tipo N, la parte delantera suele sufrir de atenuación PID-s y PID-p, mientras que la parte trasera generalmente sufre de atenuación PID-s. En la parte delantera se produce un sesgo negativo entre el panel y el bisel. El Na⁺ en el vidrio frontal se acumula en la superficie de la celda. Por un lado, el Na⁺ pasa a través de la unión PN para formar un canal de corriente de fuga, lo que resulta en PID-s. Por otro lado, los electrones negativos de la capa de pasivación son atraídos por el Na⁺, lo que lleva al deterioro del efecto de pasivación, lo que resulta en el fenómeno PID-p.

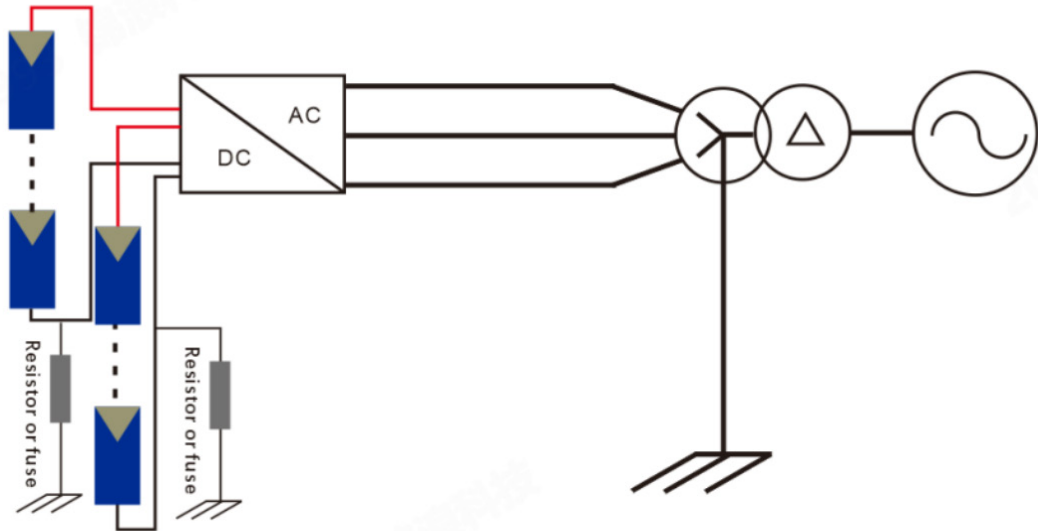
Comparado con el módulo fotovoltaico de tipo P, el portador positivo del módulo fotovoltaico de tipo N es el electrón, lo que provocará una mayor pérdida de PID-s, y la pérdida es más grave que en la parte trasera. Debido al sesgo negativo en el lado trasero, el Na⁺ en el vidrio trasero se acumula rápidamente en la capa de película adhesiva en la parte posterior de la celda, pasa a través de la unión PN y forma un canal de corriente de fuga, lo que resulta en una atenuación de PID-s.

Basándonos en el análisis anterior, la inducción del efecto PID producido por un módulo fotovoltaico de tipo N o de tipo P es consistente, y solo se distinguen los tipos de PID en diferentes planos, por lo que los métodos de protección son los mismos, principalmente los siguientes:

Solución de Conexión Directa a Tierra Negativa:

Conectar a tierra el electrodo negativo del módulo fotovoltaico o inversor a través de un resistor o fusible asegura que el voltaje negativo del módulo y el marco metálico de puesta a tierra mantengan un potencial igual. Esta solución se emplea predominantemente en inversores centralizados, como se ilustra en la figura.

Nota: Esta solución se limita al uso de inversores aislados. Los inversores fotovoltaicos no aislados requieren transformadores de aislamiento adicionales, lo que conlleva costos relativamente más altos con niveles de seguridad más bajos.

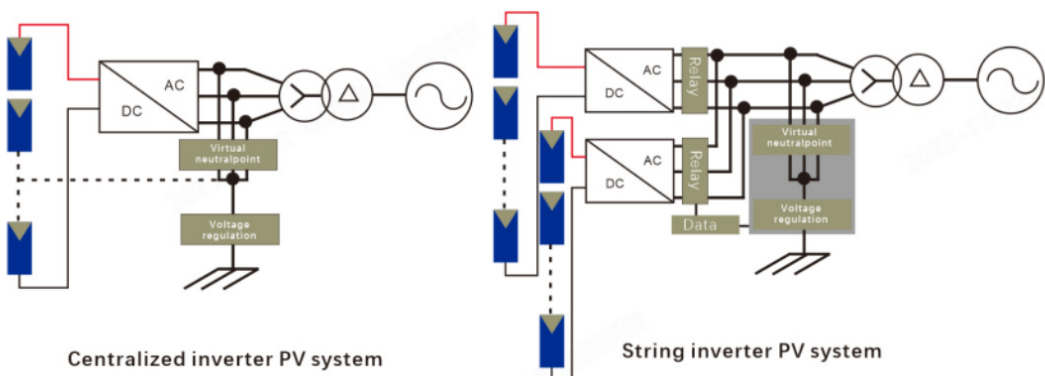


The negative direct grounding solution

Solución de Conexión a Tierra Virtual Neutral:

Ideal para estaciones de energía fotovoltaica a gran escala que constan de inversores fotovoltaicos de cadena e inversores centralizados. Elevar el potencial del punto neutral virtual acerca el voltaje negativo de la cadena fotovoltaica a un potencial cercano a cero, logrando efectivamente la supresión de PID.

Nota: Aunque es adecuada para la protección contra PID en nuevos proyectos, esta solución no puede reparar sistemas fotovoltaicos afectados por PID. No ofrece protección punto a punto, y las fallas del equipo pueden afectar la protección del módulo de toda la subcadena fotovoltaica.

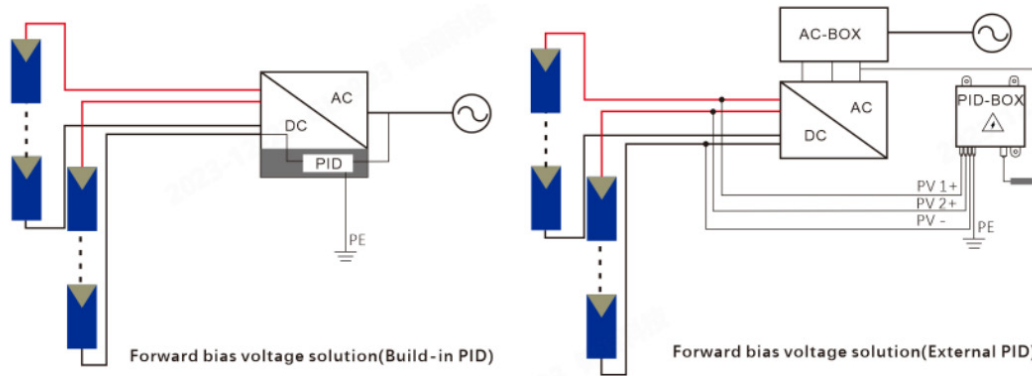


Centralized inverter PV system

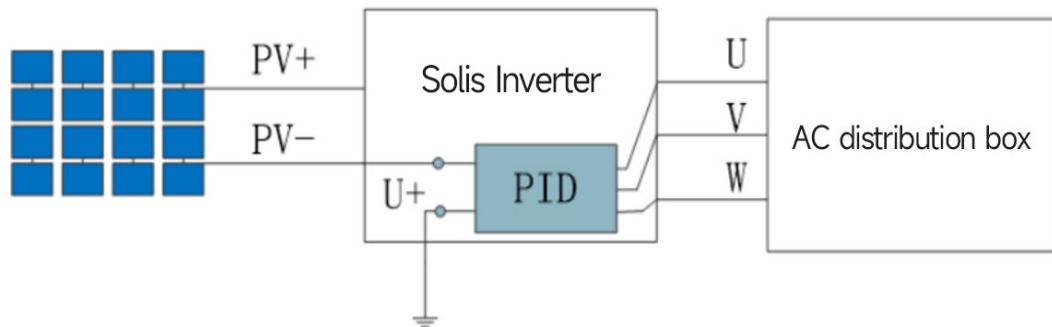
String inverter PV system

Solución de Voltaje de Polarización Directa:

Utilizando el módulo PID interno o externo del inversor, se aplica un voltaje de polarización positivo a los electrodos positivo y negativo de la cadena fotovoltaica para reparar el efecto PID. Esta solución ofrece varios modos de salida.



Práctica Actual: El enfoque predominante implica el uso de tecnología anti-PID incorporada, principalmente en los inversores Solis. Esta tecnología facilita la reparación del PID a nivel de cadena dentro de la unidad del inversor, mejorando la precisión y confiabilidad del proceso de reparación. Es importante destacar que este enfoque elimina la necesidad de acceso a transformadores.



>> Conclusión

En conclusión, el empleo de estas soluciones uniformes contra el PID garantiza el funcionamiento eficiente y la longevidad tanto de los módulos fotovoltaicos de tipo N como de tipo P. Los inversores Solis, equipados con módulos integrados de reparación del PID, representan una opción contemporánea y confiable para optimizar el rendimiento del sistema fotovoltaico.