



## EPISODE 59

Compreender o mecanismo PID e as soluções para painéis do tipo P e tipo N

**Bankable. Reliable. Local.**

# Compreender o mecanismo PID e as soluções para painéis do tipo P e tipo N

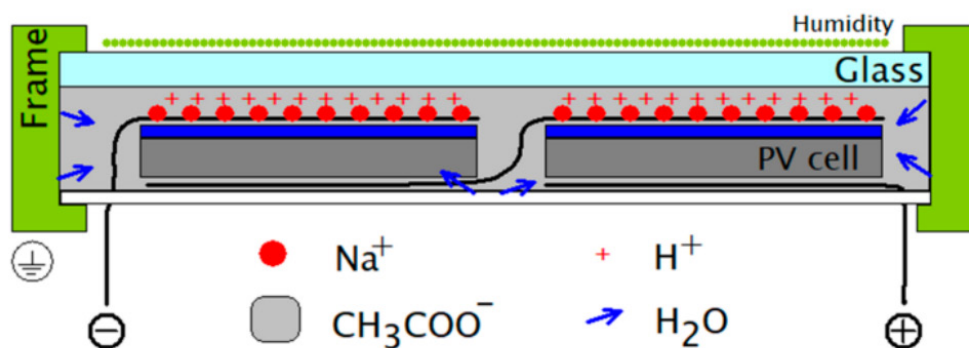
## >> Antecedentes

A Degradação Induzida pelo Potencial (DIP) tem um impacto significativo na estabilidade e na fiabilidade a longo prazo dos módulos fotovoltaicos. A abordagem da PID envolve a compreensão das suas causas e a implementação de soluções eficazes. Este seminário da Solis analisa os mecanismos de PID específicos dos painéis fotovoltaicos do tipo P e do tipo N, oferecendo uma perspectiva sobre os métodos de proteção.

## Principais causas da DIP

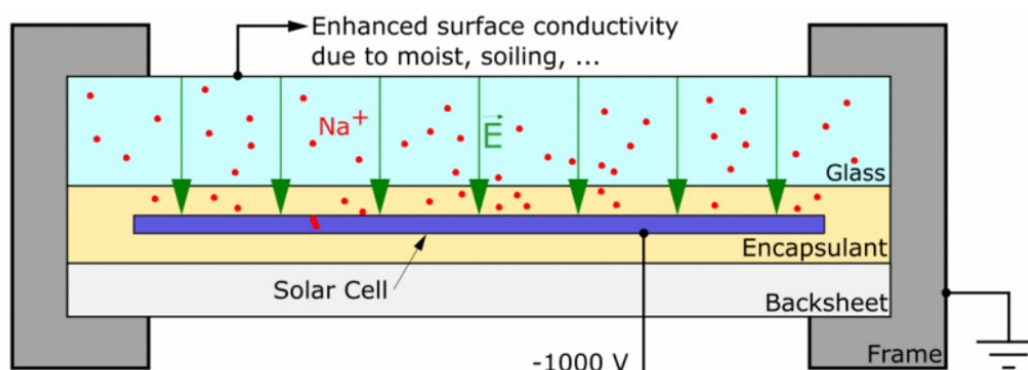
### Fenómeno de corrente de fuga:

O isolamento deficiente dos painéis fotovoltaicos leva a uma corrente de fuga, especialmente em ambientes húmidos, causando a infiltração de vapor de água. As reações químicas que envolvem a película de EVA, o vidro e o vapor de água produzem  $\text{Na}^+$ , o que resulta em PID sob a influência de um campo elétrico aplicado.



## Tensão elevada do sistema:

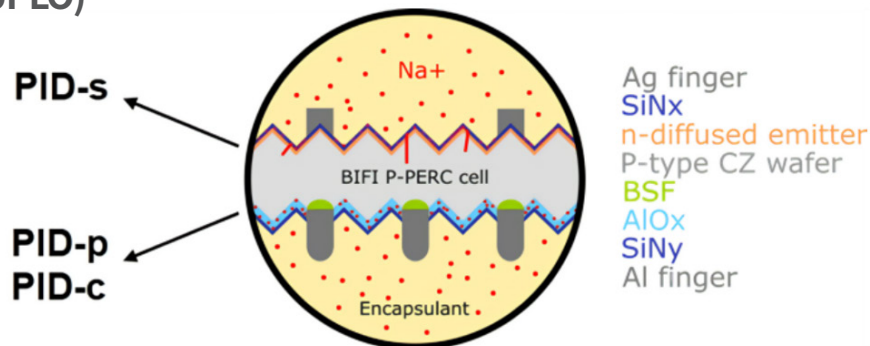
Normalmente, a tensão de circuito aberto de uma única série FV é de cerca de 1000 V, a tensão de trabalho é de aproximadamente 800 V. A estrutura em liga de alumínio do componente necessita de uma proteção contra raios e de ligação à terra. Esta configuração cria uma alta tensão CC significativa entre a bateria e a estrutura de alumínio. Por conseguinte, desenvolve-se uma polarização de tensão entre a célula FV e a estrutura metálica de ligação à terra, dando origem a uma indução de potencial.



## Principais tipos de PID do módulo fotovoltaico

| Tipo                   | Princípio   | Nível  |
|------------------------|---|--|
| PID-s<br>(derivação)   | Como o $\text{Na}^+$ no vidro migra para a célula, forma-se um canal condutor composto por impurezas condutoras no interior da célula, o que reduz a resistência de derivação ( $R_{sh}$ ) e o fator de enchimento (FF).  | Média, recuperação parcial e recuperação lenta;                        |
| PID-p<br>(polarização) | Em alta tensão por um período longo, devido à influência da corrente de fuga no painel, as cargas positivas e negativas na camada de passivação acumulam-se para formar um efeito de passivação composto de superfície, que é caracterizado pela perda de energia dominada pela redução da corrente de curto-circuito ( $I_{sc}$ ); | Geralmente, a atenuação é reversível e pode ser completamente reposta. |
| PID-c<br>(corrosão)    | Devido à influência do ambiente externo, materiais como o envelhecimento da película do componente, $\text{Al}_2\text{O}_3$ , a camada de nitreto de silício ( $\text{Si}_3\text{N}_4$ ) e as peças metálicas estão sujeitos à corrosão eletroquímica causada pela perda de energia.  | Grave, pertence aos danos irreparáveis;                                |

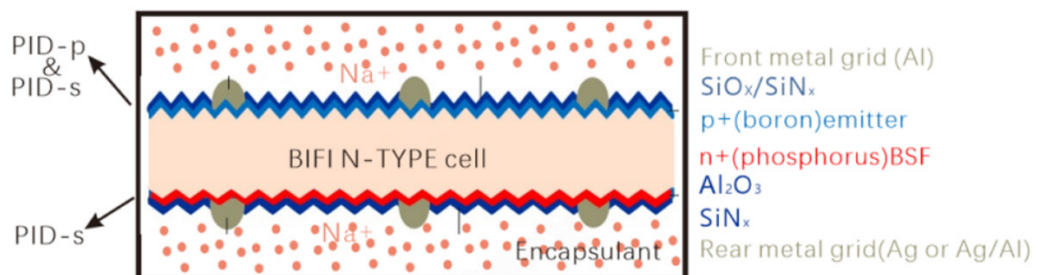
## Características do efeito PID no módulo do tipo P (MÓDULO BIFACIAL DE VIDRO DUPLO)



Mecanismo PID do módulo fotovoltaico PERC de dupla face do tipo P

Como mostrado na figura, para componentes de vidro duplo de dupla face do tipo P, a frente é geralmente PID-s, a parte traseira é geralmente PID-p e pode ocorrer PID-c; devido à consideração da proteção contra raios e do aterramento da estrutura do módulo fotovoltaico, a polarização negativa é formada entre o painel e a estrutura. Neste momento, a borda está carregada positivamente e o Na+ no vidro frontal irá migrar e reunir-se na camada de filme adesivo na superfície da bateria e irá espalhar-se e preencher o defeito do cristal de silício, passando pela junção PN, para assim formar o canal de corrente de fuga em ambas as extremidades da junção PN.

Devido à polarização negativa, o Na+ no vidro posterior junta-se rapidamente à camada de película adesiva na parte de trás da bateria, atraindo os elétrons na parte de trás e a camada de passivação original com carga negativa, o que causa a deterioração do efeito de passivação e a atenuação do PID-p. Quanto mais próximo do painel de saída negativo, maior é a polarização negativa e mais evidente será a falha do PID.



Características do efeito PID do módulo tipo P (MÓDULO BIFACIAL DE VIDRO DUPLO)

---

Como mostra a figura, para as baterias do tipo N, a frente apresenta geralmente uma atenuação PID-s e PID-p, e a parte posterior apresenta geralmente uma atenuação PID-s; A frente é semelhante à aplicação do painel P, com polarização negativa entre o painel e o bisel. O Na<sup>+</sup> no vidro frontal acumula-se na superfície da bateria. Por um lado, o Na<sup>+</sup> passa através da junção PN para formar um canal de corrente de fuga, o que provoca PID-s. Por outro lado, os eletrões negativos da camada de passivação são atraídos pelo Na<sup>+</sup>, o que leva à deterioração do efeito de passivação e ao fenómeno PID-p.

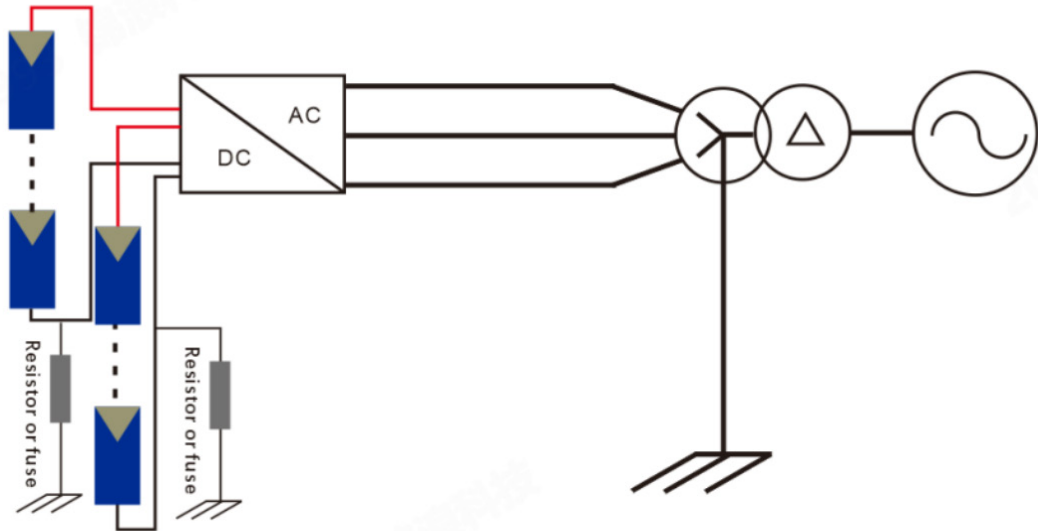
Em comparação com o módulo fotovoltaico do tipo P, o portador positivo do módulo fotovoltaico do tipo N é o eletrão, que terá uma maior perda de PID-s, e mais grave que a perda do lado posterior. Devido à polarização negativa na parte posterior, o Na<sup>+</sup> no vidro traseiro junta-se rapidamente à camada de película adesiva na parte de trás da bateria, passa através da junção PN e forma um canal de corrente de fuga, provocando a atenuação do PID-s.

Com base na análise anterior, a indução do efeito PID produzido pelo módulo fotovoltaico do tipo N ou do tipo P é consistente e apenas os tipos de PID são distinguidos em planos diferentes, pelo que os métodos de proteção são os mesmos e, em particular, os seguintes:

### **Solução de ligação à terra direta negativa:**

A ligação à terra do eletrodo negativo do módulo FV ou do inversor através de uma resistência ou fusível assegura que a tensão negativa do módulo e a estrutura metálica de ligação à terra mantêm o mesmo potencial. Esta solução é utilizada predominantemente em inversores centralizados, como ilustrado na figura.

*Nota: Esta solução está limitada à utilização de inversores isolados. Os inversores fotovoltaicos não isolados precisam de transformadores de isolamento adicionais, incorrendo em custos relativamente mais elevados com níveis de segurança inferiores.*

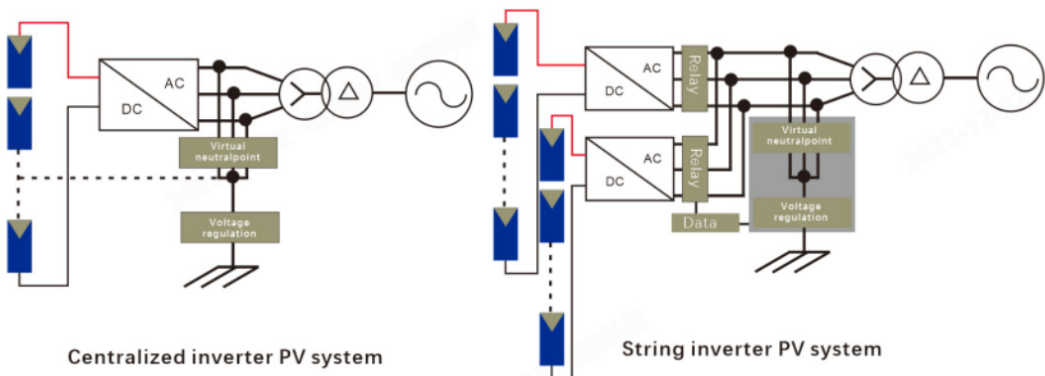


**The negative direct grounding solution**

**Solução de ligação à terra do neutro virtual:**

Ideal para centrais fotovoltaicas de grande escala constituídas por inversores fotovoltaicos de fileira (string) e inversores centralizados. A elevação do potencial do ponto neutro virtual faz com que a tensão negativa da fileira fotovoltaica se aproxime do potencial zero, conseguindo efetivamente a supressão do PID.

*Nota: Embora seja adequada para a proteção PID em novos projetos, esta solução não pode reparar sistemas FV afetados pela PID. Não oferece proteção ponto-a-ponto e as falhas de equipamento podem afetar a proteção do módulo de todo o submódulo FV.*

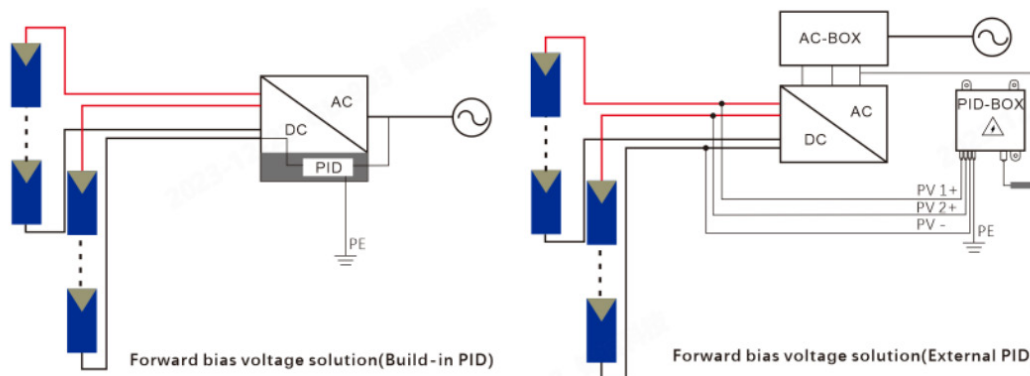


**Centralized inverter PV system**

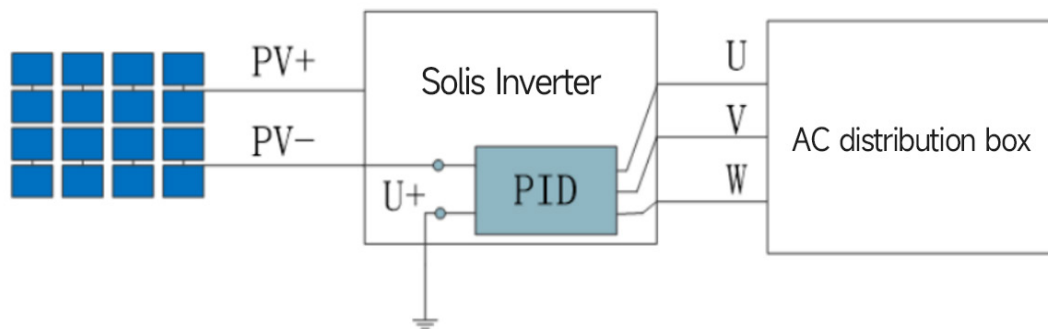
**String inverter PV system**

## Solução de tensão de polarização direta:

Utilizando o módulo PID interno ou externo do inversor, é aplicada uma tensão de polarização positiva nos elétrodos positivo e negativo da fileira FV para reparar o efeito PID. Esta solução oferece vários modos de saída.



*Prática atual: A abordagem predominante envolve a utilização de tecnologia anti-PID integrada, principalmente nos inversores Solis. Esta tecnologia facilita a reparação da PID ao nível da fileira dentro da unidade do inversor, aumentando a precisão e a fiabilidade do processo de reparação. Em particular, esta abordagem elimina a necessidade de acesso ao transformador.*



## >> Conclusão

Em conclusão, a utilização destas soluções PID uniformes assegura o funcionamento eficiente e a longevidade dos módulos fotovoltaicos, tanto do tipo N, como do tipo P. Os inversores Solis, equipados com módulos de reparação PID incorporados, representam uma escolha contemporânea e fiável para otimizar o desempenho do sistema fotovoltaico.