



# FENOMENO PID

## a p p r o f o n d i m e n t o

### Premessa

Nell'ultimo decennio nei moduli fotovoltaici installati sono stati osservati dei fenomeni di degrado e perdita di potenza; le cause sono dovute principalmente al fenomeno conosciuto come P.I.D. (Potential Induced Degradation) o anche come H.V.S. (High Voltage Stress). Il fenomeno è noto in letteratura dal 1970 tuttavia, in seguito alla larga diffusione dei grandi impianti FV, ha cominciato a farsi notare solo dal 2006, specialmente in seguito all'eliminazione del trasformatore di uscita negli inverter.

Nel giugno del 2011, il Fraunhofer Center for Silicon Photovoltaics ha pubblicato i risultati di un test, secondo i quali il PID è responsabile di una riduzione di potenza pari quasi al 70%.

A questo annuncio è subito seguita la dichiarazione di alcuni produttori di moduli fotovoltaici, i quali hanno specificato che i loro moduli sono esenti da PID grazie all'uso di materiali speciali.

Il fenomeno dipende molto dalla tipologia di contatto tra le celle e il resto del modulo ma aumenta notevolmente in relazione all'umidità, alle alte temperature e soprattutto agli elevati livelli di tensione di corrente della cella.

### Il PID porta principalmente a due tipi di degrado:

- **Elettrocorrosione dello strato TCO** (transparent conductiv oxide)

Si verifica sul bordo del modulo FV ed è dovuta alle correnti di perdita fra le celle e la terra che scatenano una reazione elettrochimica tra l'umidità e il sodio nel vetro di copertura.

La corrosione degrada il TCO facendogli perdere le proprietà conduttrici e riducendo sempre più l'efficienza del modulo; questo fenomeno è irreversibile e non ha soluzione se non cambiare la tipologia di costruzione dei pannelli.

- **Polarizzazione della cella FV**

Negli inverter con trasformatore il Campo FV può essere messo a terra e di conseguenza il problema del PID è limitato se non addirittura assente.

Negli inverter senza trasformatore invece il Campo FV non può essere messo a terra e di conseguenza è flottante, quando l'inverter è in funzione, nel campo FV si viene a creare un potenziale elettrico rispetto alla terra, ad esempio su un campo a 800v, potremmo avere il polo negativo del campo FV a -400v e il polo positivo a +400v rispetto a terra.

Nelle celle in silicio policristallino e monocristallino sottoposte a drogaggio di tipo «p», si può generare un accumulo di cariche positive sul lato superiore della cella, con conseguente scarica a loro volta delle cariche negative sotto forma di correnti di dispersione attraverso il materiale di incapsulamento, lungo il telaio e addirittura passando dal vetro frontale.

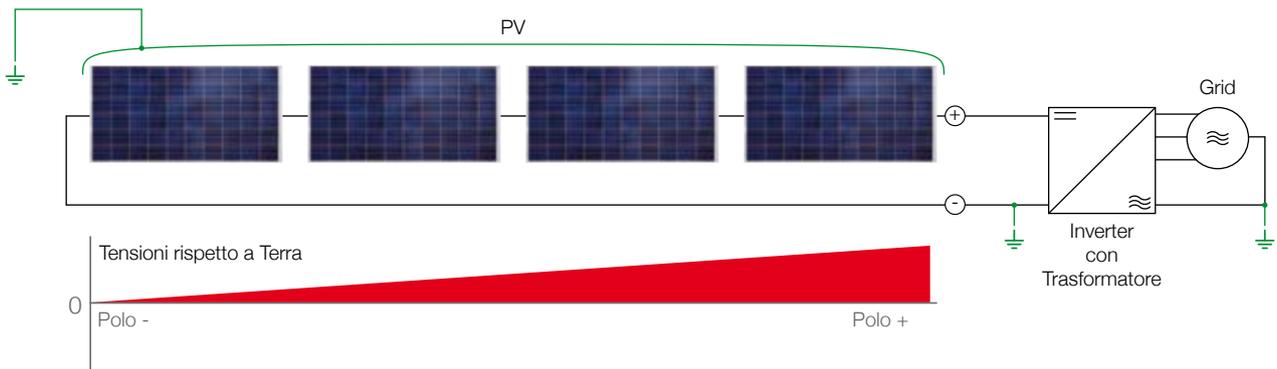
Nel caso del silicio sottoposto a drogaggio di tipo «n», si accumulano sulla superficie le cariche negative e si scaricano quelle positive.

Il fenomeno è presente soprattutto nei moduli più vicini al polo negativo delle stringhe e porta a un deterioramento e perdita di potenza anche del 50 - 70% in pochi anni.

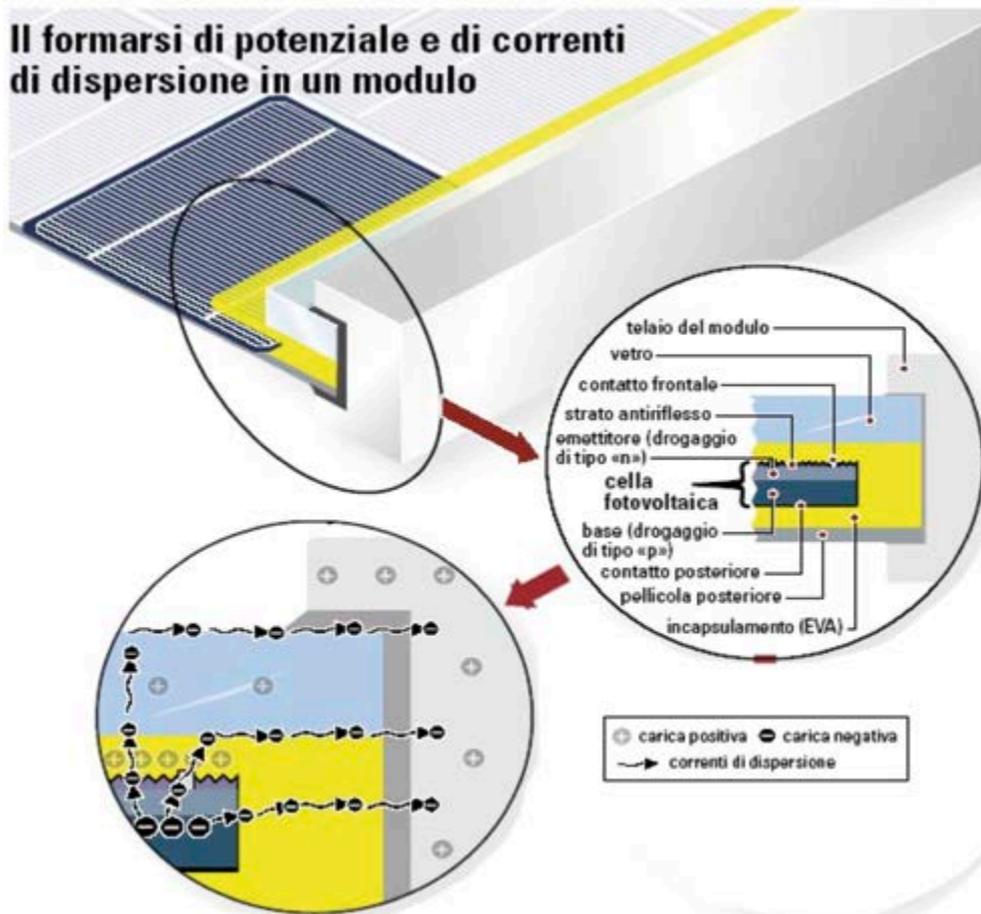
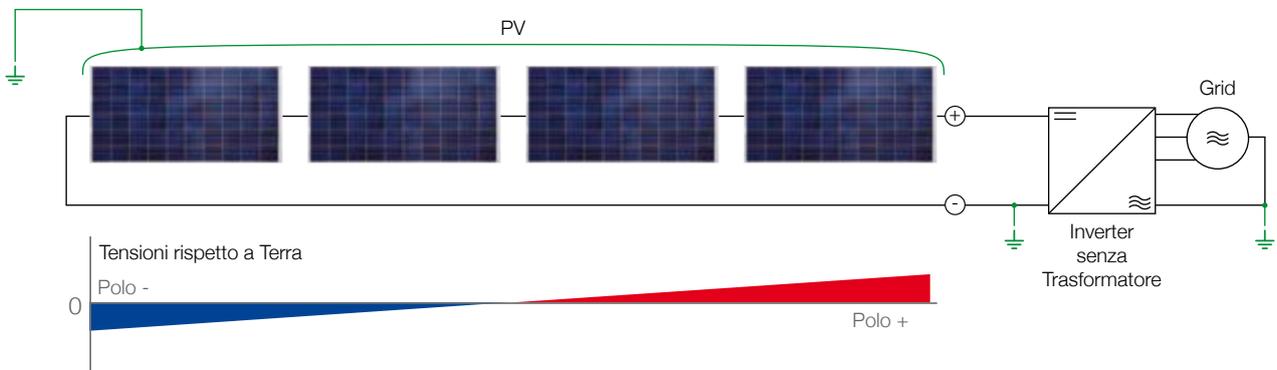
Fortunatamente nella maggior parte dei casi questo fenomeno è quasi totalmente reversibile.

## Schemi semplificati di impianti FV con inverter

Se l'inverter ha il trasformatore i moduli FV hanno sempre un potenziale positivo rispetto a terra, pertanto il problema del PID è limitato o assente.

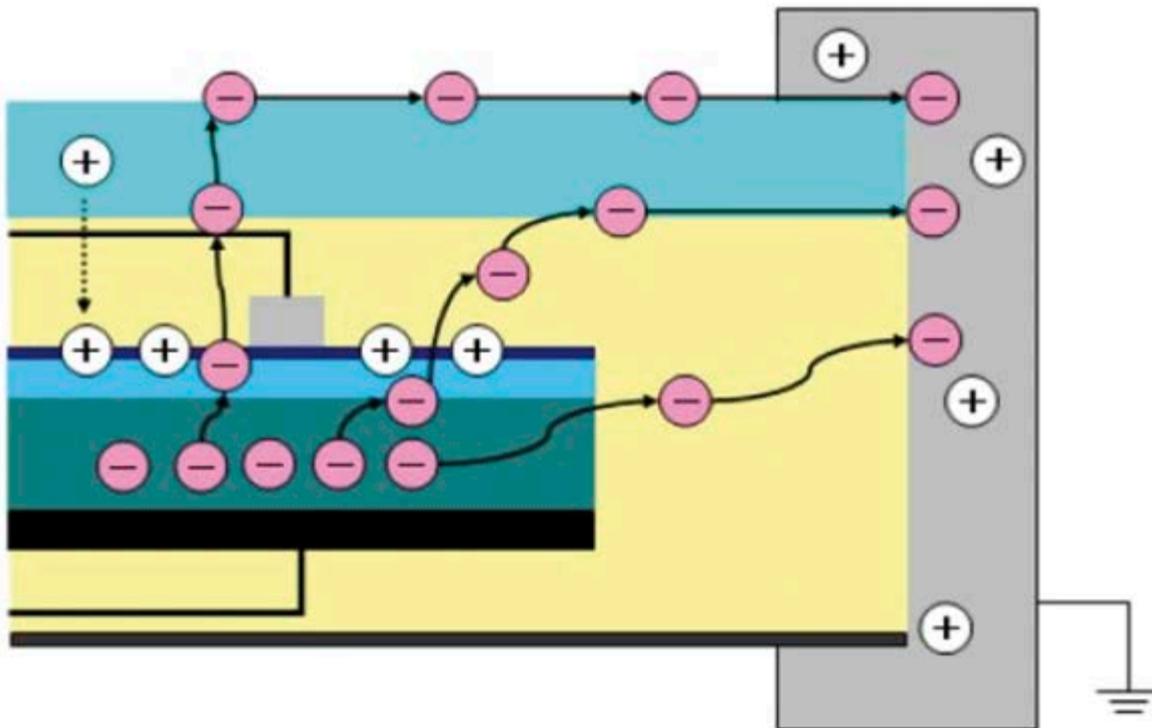


Se l'inverter è senza trasformatore le stringhe FV non sono più ancorate a terra e quindi il polo negativo può andare anche a tensioni negative rispetto a terra dando luogo all'effetto PID.



Se i moduli FV hanno un potenziale negativo verso terra, questa tensione elevata si ripercuote tra le celle del modulo e la cornice, che solitamente è collegata a terra per motivi di sicurezza.

La differenza di potenziale attrae gli elettroni dei materiali utilizzati nei moduli FV e si scarica attraverso la cornice collegata a terra; in questo modo si crea una piccola corrente di dispersione. Questa inaspettata migrazione dei portatori di carica degrada l'effetto fotovoltaico.

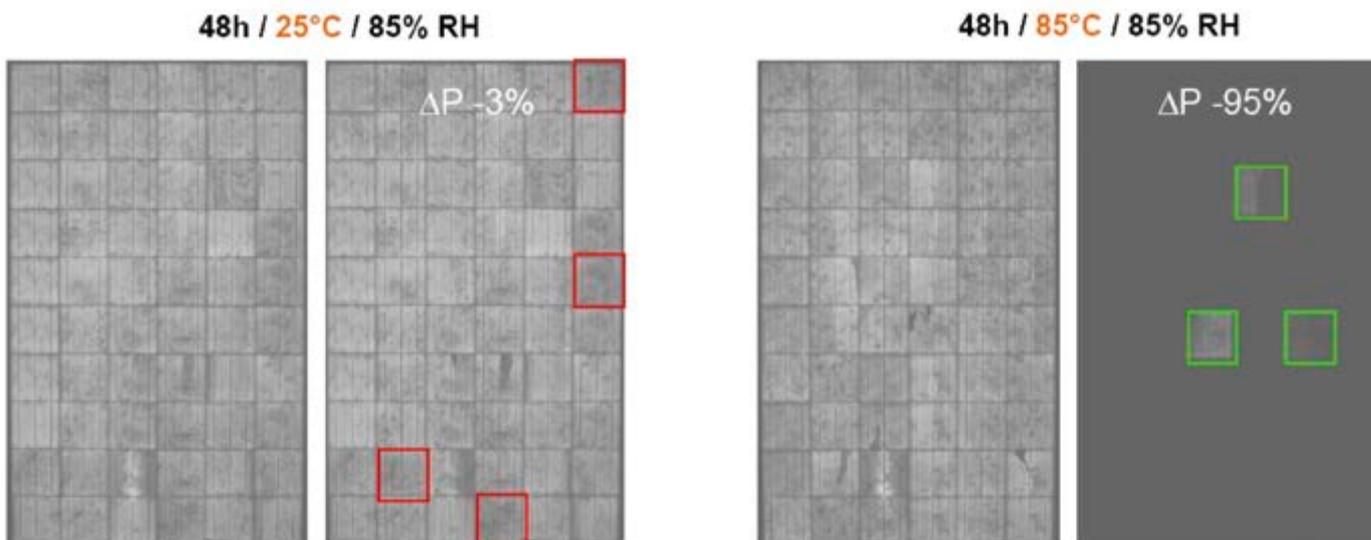


Meccanismo PID in una cella di silicio di tipo "p"

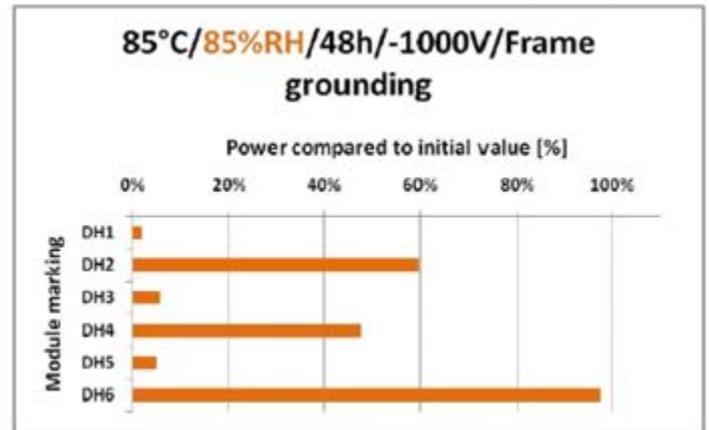
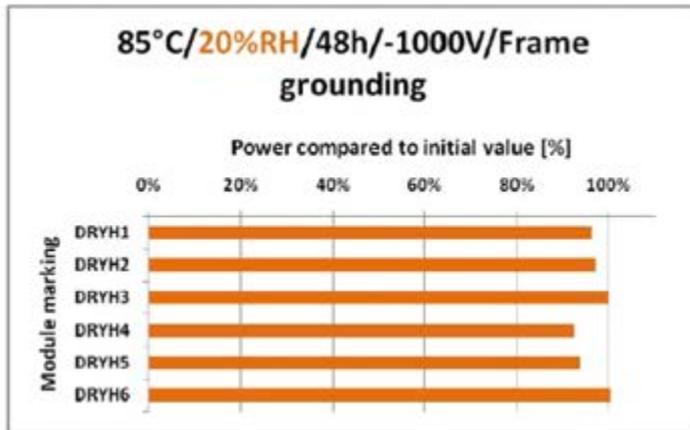
### Come diagnosticare il PID

Nessun modulo può ritenersi esente da questo fenomeno e solo dei test sul campo possono dare indicazioni sulla presenza o meno del fenomeno PID.

I primi sintomi del PID sono una diminuzione della potenza generata che può essere rilevata nel corso delle attività di manutenzione e monitoraggio.



**Perdita di potenza (Delta P) in un modulo FV dopo 48 ore con 85% di umidità relativa -3% con temperature di 25°C e -95% con temperature di 85°C**



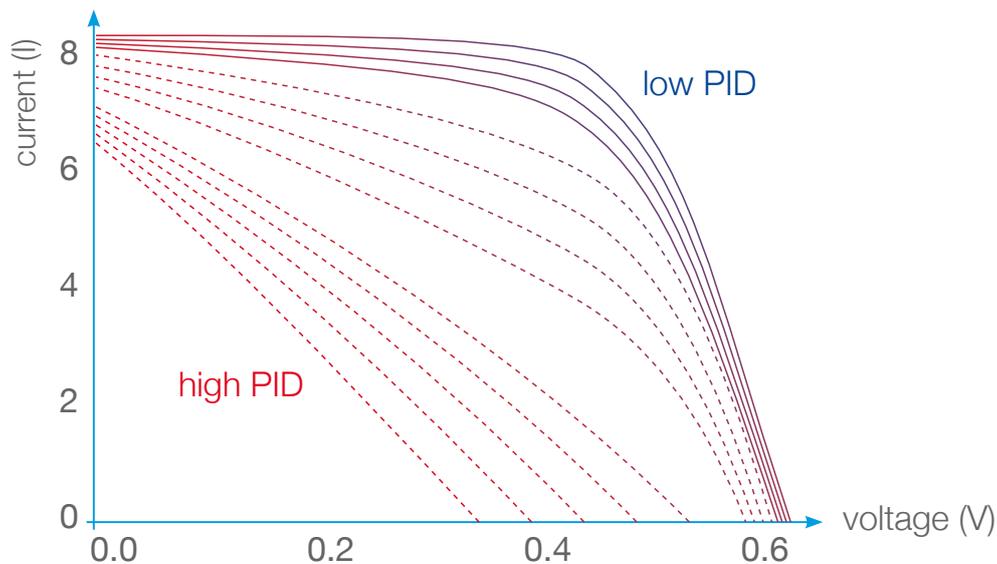
**Perdita di potenza in 6 moduli di varie marche dopo 48 ore a -1000v a 85°C con umidità relativa al 20% le perdite sono basse con umidità relativa al 85% le perdite possono salire anche al 98% su alcuni modelli!**

Una volta accertata la riduzione di produzione, e avere escluso i motivi più banali, è necessario procedere con i test in grado di “diagnosticare” che i moduli siano affetti da PID.

*I metodi più utilizzati sono:*

**- Test I/V**

È il metodo più semplice, ma è necessario disinstallare il modulo e testarlo con apposita strumentazione. Fornisce i grafici di andamento della corrente e della tensione a circuito aperto e a circuito chiuso, quindi il valore della resistenza fornito dalla cella (RShunt). Nella maggioranza dei casi già dalla forma della curva è possibile avere indicazioni sulla presenza di PID: curva I con discesa lenta e VOC (tensione massima di circuito aperto) basso indicano RShunt basso, quindi presenza di PID. Per un risultato più preciso è opportuno confrontare le curve misurate sul campo con le curve nominali fornite dai produttori dei moduli.

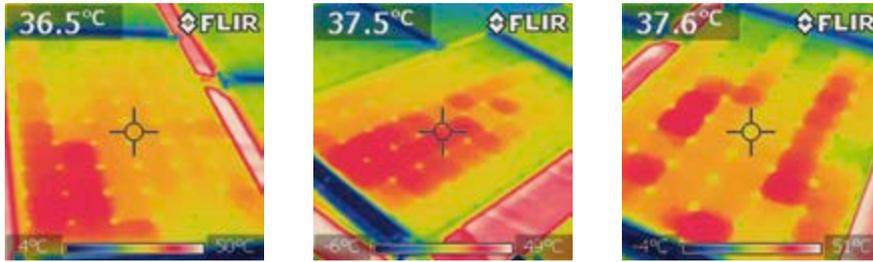


**Degrado curva I/V causa PID**

**Degrado della curva I/V a causa dell'effetto PID e del conseguente aumento della resistenza interna del modulo.**

## - Test a infrarossi con termocamera

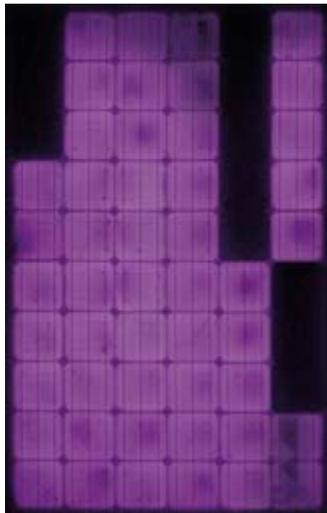
Fornisce immagini termiche. Dal colore delle celle di ogni singolo modulo è possibile distinguere i moduli sani da quelli danneggiati: celle gialle più fredde quindi sane, celle arancioni più calde, quindi affette da PID. Questo test deve essere fatto in pieno irraggiamento solare e non interferisce con l'operatività dell'impianto ma non dà alcuna indicazione sul livello di degrado delle celle o sulla percentuale di potenza perduta.



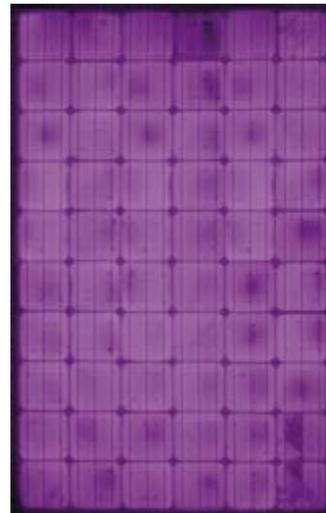
## - Test dell'elettroluminescenza con apposita fotocamera e generatore di alta tensione

Evidenzia la presenza di corto circuito nelle celle dando come risultato immagini comparabili a quelli del test a infrarossi, infatti le celle più calde risulteranno nere, cioè spente, quelle più fredde bianche. Questo test può essere fatto solamente in assenza di luce solare e non dà alcuna indicazione sul livello di degrado delle celle o sulla percentuale di potenza perduta.

### Elettroluminescenza su un Modulo FV



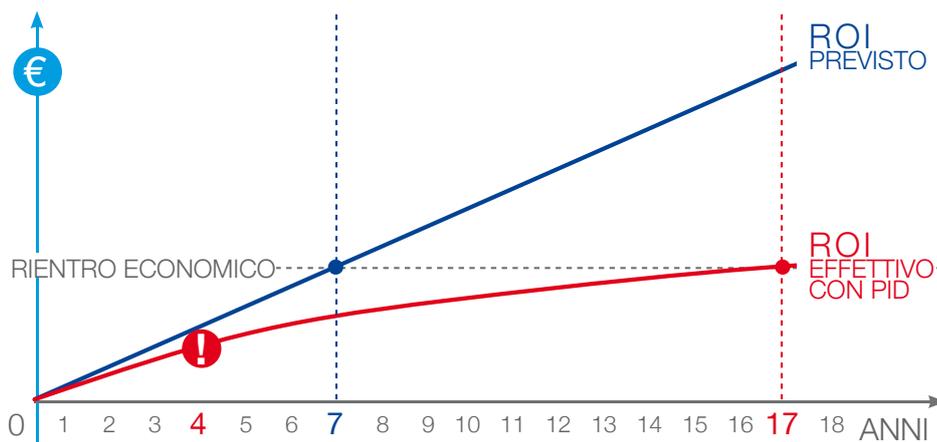
Modulo FV affetto da PID



Stesso modulo FV curato con APID

## Effetti a livello economico

L'effetto P.I.D., può stravolgere il business plan calcolato nella fase di progettazione di un impianto fotovoltaico, con conseguenze economiche molto gravi. Una simulazione di un impianto da 200kW connesso a rete con il secondo conto energia nel 2010 mostra un calo di potenza al quarto anno dovuto a P.I.D. (fino a - 70%), questo problema sposta il payback (ROI : Return of investment) dai 7 anni previsti inizialmente a più di 17 anni, oltre ovviamente a ridurre il ricavo accumulato dopo 20 anni a una quantità talmente bassa da non giustificare l'investimento iniziale.



## Soluzioni al problema PID

### *Su impianti nuovi:*

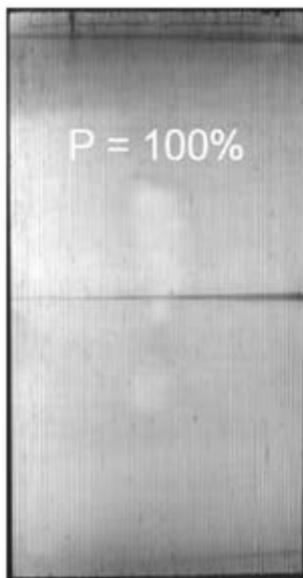
La principale soluzione al PID consiste nell'evitare l'applicazione di un potenziale esterno elevato al modulo fotovoltaico ma ovviamente questo non è sempre possibile viste le alte tensioni presenti nei moderni impianti. Un'altra soluzione è installare moduli FV certificati e non soggetti a PID oltre a quella di utilizzare inverter con soluzioni antipid integrate.

### *Su impianti già installati:*

La soluzione più economica è rigenerare i moduli FV ovvero sottoporre di notte le stringhe a una tensione elevata e positiva rispetto a terra in modo da invertire la direzione delle correnti di perdita parassite presenti di giorno durante il funzionamento dell'impianto.

Il rigeneratore di moduli FV APID di Elettrograf di giorno rileva la massima tensione di lavoro delle stringhe dell'impianto in modo da adeguarsi automaticamente alla tipologia dello stesso, di notte genera una tensione simile compresa tra 400 e 1000v tra le celle e la terra portando così ad una rapida rigenerazione del modulo fino a ottenere nuovamente la potenza nominale effettiva del modulo stesso.

### Test di simulazione effetto PID e di rigenerazione del modulo FV



Stato iniziale  
Potenza=100%



dopo 68 ore a -1000v  
Potenza scesa dell'80%!



dopo 66 ore a +1000v  
Recupero del (80-30) 50%

### Schema riepilogativo

Possibili soluzioni al problema PID	Controindicazioni
NON applicare tensioni elevate ai moduli	Impossibile su impianti che utilizzano stringhe di moduli
Usare solo moduli certificati "PID Free"	Impossibile su impianti già esistenti
Usare Inverter con soluzioni antipid integrate	Impossibile su impianti già esistenti
Usare microinverter uno ogni uno o due moduli	Impossibile su impianti già esistenti
Applicare alta tensione alle stringhe durante la notte = APID	Nessuna

## Quando utilizzare APID:

- APID ripristina le prestazioni nei moduli FV degradati dall'effetto PID;
- APID evita l'insorgere dell'effetto PID su moduli FV a rischio.

## Descrizione e Funzionamento

APID è un generatore di Alta tensione sviluppato per il ripristino di Moduli Fotovoltaici affetti da PID, viene collegato al pari di una stringa di moduli e quindi si trova in parallelo alle stringhe da rigenerare, normalmente non occorre scollegare l'inverter in quanto la massima tensione generata in uscita da APID verso Terra (1000 Vdc) è entro i limiti di isolamento dell'inverter e la corrente di uscita non supera gli 8mA.

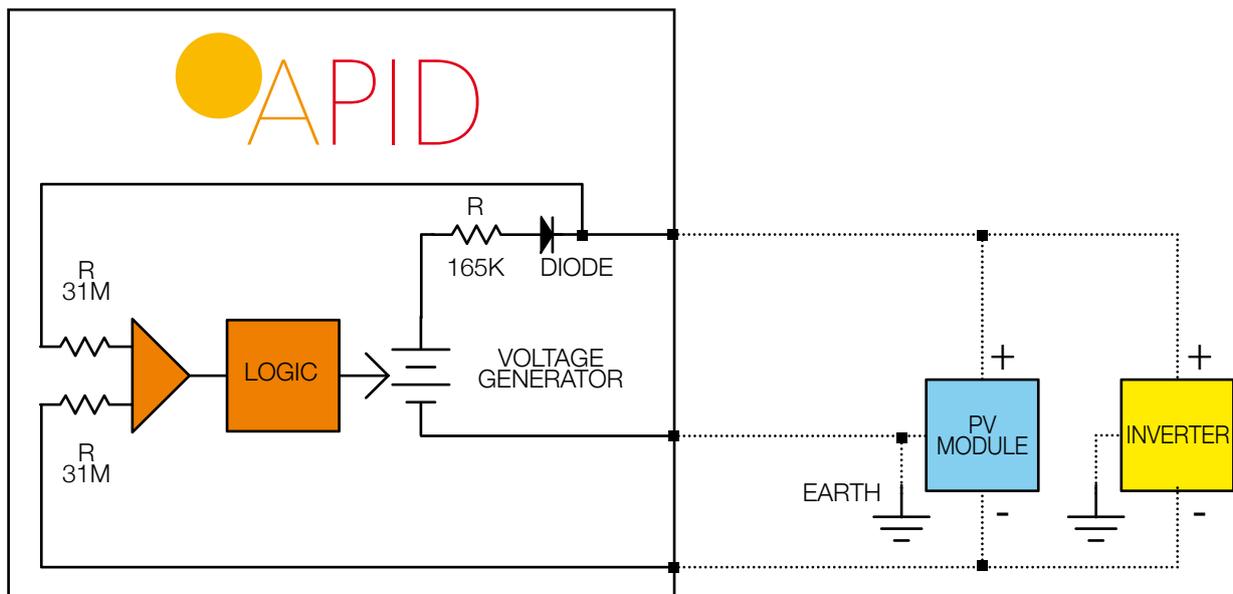
APID è totalmente automatico sia nel funzionamento che nella gestione della tensione di uscita del campo FV, di giorno APID rileva la tensione sul campo FV e rimane in standby, di notte genera una tensione pari a quella rilevata di giorno in modo da creare un'azione uguale e contraria, all'alba APID ritorna in standby.

APID è collegato da una parte alla rete a 230Vac e dall'altra in parallelo ai moduli FV e quindi anche sull'ingresso dell'inverter, ma non preleva energia dalla rete elettrica per immetterla sull'ingresso dell'inverter.

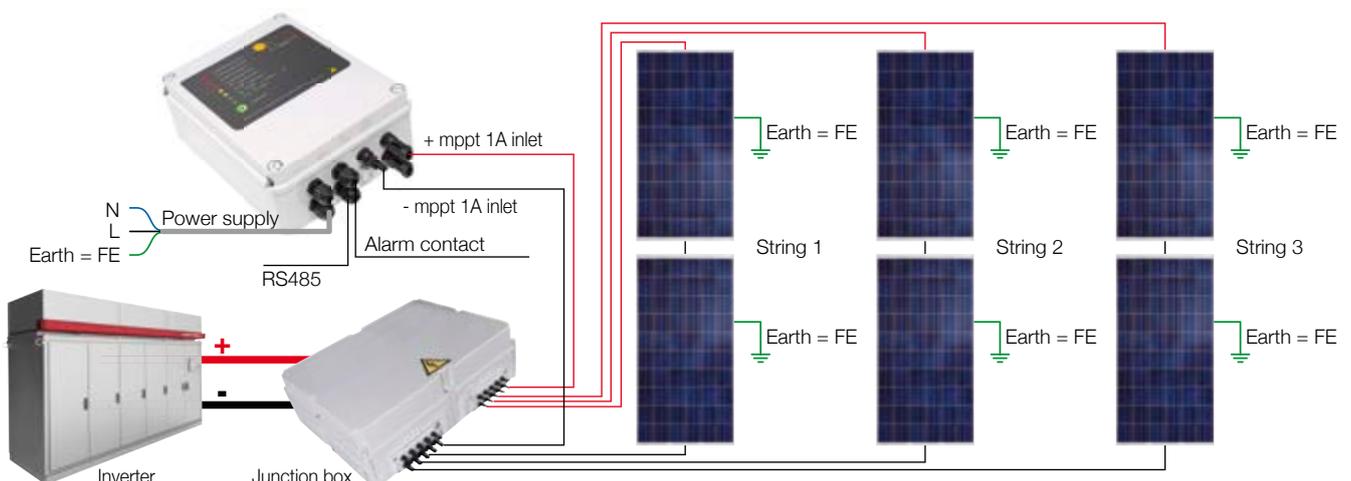
APID produce una differenza di potenziale tra il polo + delle stringhe e la terra (e non tra i poli + e - delle stringhe) fino a 1000v con una potenza massima di 3w, la differenza tra i poli + e - in realtà è solo di 20..30v ed è dovuta alla caduta di tensione relativa alla resistenza interna dei moduli stessi, tensione quindi troppo bassa per accendere l'inverter.

Inoltre la connessione tra APID e il polo - delle stringhe avviene internamente tramite una serie di resistenze per un totale di 31 Mohm limitando quindi la corrente di passaggio a soli 32 uA ovviamente insufficienti per l'accensione dell'inverter.

## Schema semplificato del funzionamento di APID



## APID schema collegamento su quadro di campo



## Uno strumento completo:

- Gestione del funzionamento e della tensione di uscita completamente automatici.
- n.1 Porta RS485/232 Protocollo ModBus per comunicazione remota, anche tramite Modem GSM.
- APID Modbus Monitor è un software di supervisione remota da Pc, fornito a corredo del sistema APID, per il monitoraggio diretto, lo scarico dello storico allarmi e dello storico delle due tensioni di stringa, tramite porta seriale Rs232/485.
- Collegamento al dispositivo LCDAM08\*, (display e tastiera remoti) permette di modificare sul campo i parametri di funzionamento, leggere: tensioni di stringa di giorno, corrente di uscita, potenza generata, Visualizzare storico allarmi fino a 100 messaggi.
- Storico mensile in formato CSV, relativo alle tensioni di stringa e della corrente di uscita ogni 5 minuti, scaricabile attraverso la porta seriale Rs232/485.

Principali Caratteristiche Tecniche di APID cod.AF1.APID	
Alimentazione	90..275 Vac
Assorbimento	in Standby < 0,5w , Funzionamento 2W , Massimo 20W
n.2 Uscite per Stringhe	Stringhe fino a 1000v (il negativo deve essere in comune)
Resistenza di ingresso	31 Mohm tra Negativo moduli PV e APID
Generatore interno	ad Alta tensione con resistenza di uscita di 165K Max 1000 Vdc e Max 8mA correnti di uscita 2,7mA Max a 1000v - 3,9mA Max a 800v - 6,3mA Max a 400v
Funzionamento	Gestione del funzionamento e della tensione di uscita completamente automatici
n. 1 Uscita a relè	con contatti NC e NA per segnalazione allarmi
Orologio/Calendario	con Backup di 6 mesi
Valvola anticondensa	contenitore ØM12 F16 litri/ora a 0,07 bar Controlla la pressione per evitare i fenomeni di condensazione in caso di rapido aumento della temperatura all'interno del contenitore.
Conessioni alle stringhe	MC4
Dimensioni	240x190x90
Tipo di contenitore	IP56
Temperatura di funzionamento	-20° / +50°
Peso	950 g

### Bibliografia :

- Photon Febbraio 2011: Alto potenziale di danni
- Berlin Photovoltaik institut: Simon Koch, Thomas Weber , Potential Induced Degradation (PID) effects on PV modules
- Photon International 11-2012, p.130-137 "Power losses below the surface"

**ELETTROGRAF**

Via delle Industrie, 2 Tel +39 049 8841117  
35010 Limena - PD - Italy Fax +39 049 8846413

info@elettrograf.com

www.elettrograf.com



Conforme alle direttive: 2004/108/CEE e normative:  
CEI EN 61000-6-3 2007-11; CEI EN 61000-6-1 2007-10

Progettato e costruito in Italia

