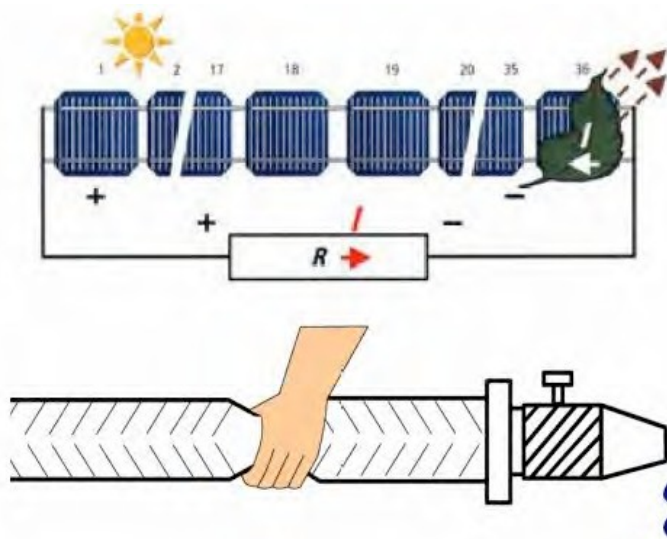


Pannelli fotovoltaici e ombreggiamento

Come si comporta un pannello fotovoltaico quando è sottoposto a ombreggiamento. Di quanto diminuiscono le prestazioni se una o più celle, di un modulo fotovoltaico, vengono coperte o ombreggiate da alberi o comignoli. Perché vengono utilizzati i diodi di bypass. Quale funzione hanno i diodi di by-pass. Spieghiamo l'effetto hotspot nei pannelli fotovoltaici e come si origina.

Una cella FV ombreggiata smette di produrre energia elettrica e si comporta come un diodo polarizzato inversamente. L'interruzione provocata da una cella ombreggiata impedisce il passaggio di corrente attraverso tutte le celle ad essa collegate in serie. Si parla in questo caso di effetto «tubo di giardino» per analogia con l'effetto di diminuzione del flusso dell'acqua che si ottiene quando si schiaccia in un qualsiasi punto il tubo. Una situazione simile si verifica anche nel caso in cui i moduli FV abbiano caratteristiche tecniche diverse tra loro. In questo caso, che prende nome di **mismatch**, il modulo più «debole» presente all'interno di una stringa farà da collo di bottiglia per tutte le altre, limitando il flusso massimo di corrente elettrica in base alle sue caratteristiche inferiori.



La cella meno efficiente limita tutte le altre

Mismatch:

$P_{\max} \text{ modulo} < \sum P_{\max} \text{ celle}$
Effetto «tubo da giardino»

Studio del comportamento di un pannello fotovoltaico soggetto ad ombreggiamento parziale il fenomeno delle HOT SPOT

Cosa succede se un pannello fotovoltaico viene ombreggiato parzialmente ?

Per rispondere a questa domanda dobbiamo conoscere il comportamento elettrico di una cella fotovoltaica. Una cella fotovoltaica ha un comportamento elettrico simile ad un diodo. In effetti viene sfruttato l'effetto fotovoltaico della giunzione elettronica PN. Questo si traduce in un grafico simile a quello di un diodo. Nel caso di normale funzionamento la cella fotovoltaica genera una tensione positiva ai capi del anodo (faccia argentata non esposta alla luce) e il verso della corrente è dal catodo verso l'anodo, cioè con un verso opposto a quello che si ha quando si polarizza direttamente un diodo. Nel caso la cella venga ombreggiata di una percentuale proporzionale alla superficie, la corrente si riduce di detta percentuale con andamento lineare. Quando la cella è totalmente ombreggiata smette di generare corrente. Quando una cella è collegata elettricamente in serie ad altre celle fotovoltaiche ed è sottoposta ad ombreggiamento al 100% la sua corrente generata è zero. Le altre celle, non essendo ombreggiate, producono corrente e tensione che polarizzano inversamente la cella fotovoltaica ombreggiata. La cella ombreggiata si oppone al flusso di corrente con la sua resistenza che genera una tensione con verso opposto a quella generata dalle altre celle. Se nelle celle sta circolando 1A e non è stato inserito un diodo di by-pass, ipotizzando una resistenza di 10 ohm nella cella ombreggiata, la tensione totale di 18 celle in serie sarà circa

$$(0,5V \times 17 \text{ celle}) - (1A \times 10 \text{ ohm}) = 8,5V - 10V = -1,5V$$

La potenza dissipata nella cella ombreggiata equivale a 10W. Questa potenza è sufficiente per surriscaldare la cella fotovoltaica totalmente ombreggiata.

Punti caldi in un modulo fotovoltaico (celle surriscaldate o hot spot)



Ma cosa succederebbe se la corrente fosse di 3A. La tensione ai capi della cella ombreggiata sarebbe di 30V, e la potenza dissipata di 90W. Questa potenza surriscalderebbe la cella a tal punto da distruggerla. Si creerebbe un fenomeno cosiddetto "Hot Spot". Per ovviare a questo inconveniente sono stati introdotti i diodi di by-pass. Questi diodi sono normalmente polarizzati inversamente, cioè il catodo è collegato all'anodo della cella numero 18 e il anodo è collegato al catodo della cella numero 1. Quando la tensione tra anodo e catodo del diodo di by-pass oltrepassa la soglia di 0,3V (se viene usato un diodo schottky) che corrisponde ad una tensione negativa tra la cella 1 e 18 il diodo entra in conduzione e fa scorrere corrente tra anodo e catodo. Questo comportamento ha come effetto di limitare la tensione negativa ai capi della cella ombreggiata. In questo caso la cella ombreggiata potrà generare un massimo di

$$(8,5V + 0,3V) = -8,8V$$

per qualunque corrente che scorre nelle celle. Questo limiterà anche la potenza massima a 26,4W. Questo effetto può essere notato solo in caso di carico esterno applicato al pannello fotovoltaico. La corrente di cortocircuito I_{sc} corrisponderà a quella nominale. La tensione di circuito aperto V_{oc} corrisponderà alla somma delle tensioni delle celle non ombreggiate.