

# Impianto fotovoltaico

Un sistema fotovoltaico (FV) è composto da uno o più pannelli solari combinati con un inverter e altro hardware elettrico e meccanico che utilizza l'energia del sole per generare elettricità. I sistemi fotovoltaici possono variare notevolmente in termini di dimensioni, da piccoli sistemi su tetto o portatili a enormi impianti di generazione su larga scala. Sebbene i sistemi fotovoltaici possano funzionare da soli come sistemi fotovoltaici off-grid, questo articolo si concentra sui sistemi collegati alla rete pubblica o sui sistemi fotovoltaici collegati alla rete.

Come funzionano questi sistemi?

La luce del Sole, costituita da pacchetti di energia chiamati fotoni, cade su un pannello solare e crea una corrente elettrica attraverso un processo chiamato effetto fotovoltaico. Ogni pannello produce una quantità relativamente piccola di energia, ma può essere collegato insieme ad altri pannelli per produrre quantità maggiori di energia come un pannello solare. L'elettricità prodotta da un pannello solare (o array) è sotto forma di corrente continua (DC). Sebbene molti dispositivi elettronici utilizzino l'elettricità CC, inclusi il telefono o il laptop, sono progettati per funzionare utilizzando la rete elettrica che fornisce (e richiede) corrente alternata (CA). Pertanto, affinché l'elettricità solare sia utile, deve prima essere convertita da CC a CA utilizzando un inverter. Questa elettricità CA dall'inverter può quindi essere utilizzata per alimentare l'elettronica localmente o essere inviata alla rete elettrica per essere utilizzata altrove.

Effetto fotovoltaico

L'effetto fotovoltaico è un processo che genera tensione o corrente elettrica in una cella fotovoltaica quando è esposta alla luce solare. È questo effetto che rende utili i pannelli solari, in quanto è il modo in cui le celle all'interno del pannello convertono la luce solare in energia elettrica. L'effetto fotovoltaico fu scoperto per la prima volta nel 1839 da Edmond Becquerel. Durante gli esperimenti con celle umide, ha notato che la

tensione della cella aumentava quando le sue lastre d'argento venivano esposte alla luce solare.

## Processi

L'effetto fotovoltaico si verifica nelle celle solari. Queste celle solari sono composte da due diversi tipi di semiconduttori, uno di tipo p e uno di tipo n, che vengono uniti insieme per creare una giunzione p-n. Unendo questi due tipi di semiconduttori, si forma un campo elettrico nella regione della giunzione mentre gli elettroni si spostano verso il lato p positivo e le lacune si spostano verso il lato n negativo. Questo campo fa sì che le particelle caricate negativamente si muovano in una direzione e le particelle caricate positivamente nell'altra direzione.

La luce è composta da fotoni, che sono semplicemente piccoli fasci di radiazione o energia elettromagnetica. Questi fotoni possono essere assorbiti da una cella fotovoltaica, il tipo di cella che compone i pannelli solari. Quando la luce di una lunghezza d'onda adatta incide su queste celle, l'energia del fotone viene trasferita a un atomo del materiale semiconduttore nella giunzione p-n. Nello specifico, l'energia viene trasferita agli elettroni nel materiale. Ciò fa saltare gli elettroni a uno stato energetico più elevato noto come banda di conduzione. Questo lascia dietro di sé un "buco" nella banda di valenza da cui l'elettrone è saltato fuori. Questo movimento dell'elettrone come risultato dell'energia aggiunta crea due portatori di carica, una coppia elettrone-lacuna.

Quando non eccitati, gli elettroni tengono insieme il materiale semiconduttore formando legami con gli atomi circostanti, e quindi non possono muoversi. Tuttavia, nel loro stato eccitato nella banda di conduzione, questi elettroni sono liberi di muoversi attraverso il materiale. A causa del campo elettrico che esiste come risultato della giunzione p-n, gli elettroni e le lacune si muovono nella direzione opposta come previsto. Invece di essere attratto dal lato p, l'elettrone liberato

tende a spostarsi verso il lato n. Questo movimento dell'elettrone crea una corrente elettrica nella cellula. Una volta che l'elettrone si muove, rimane un "buco".[2] Questo buco può anche muoversi, ma nella direzione opposta al lato p. È questo processo che crea una corrente nella cellula. Un diagramma di questo processo può essere visto nella Figura 1.

## Componenti del sistema

Oltre ai pannelli solari, ci sono altri componenti importanti di un impianto fotovoltaico che vengono comunemente definiti "balance of system" o BOS. Questi componenti (che in genere rappresentano oltre la metà del costo del sistema e la maggior parte della manutenzione) possono includere inverter, rack, cablaggi, combinatori, sezionatori, interruttori e contatori elettrici.

## Pannello solare

Un pannello solare è costituito da molte celle solari con proprietà semiconduttrici incapsulate all'interno di un materiale per proteggerlo dall'ambiente. Queste proprietà consentono alla cella di catturare la luce, o più specificamente, i fotoni del sole e convertire la loro energia in elettricità utile attraverso un processo chiamato effetto fotovoltaico. Su entrambi i lati del semiconduttore c'è uno strato di materiale conduttore che "raccolge" l'elettricità prodotta. Il lato illuminato del pannello contiene anche un rivestimento antiriflesso per ridurre al minimo le perdite dovute alla riflessione. La maggior parte dei pannelli solari prodotti nel mondo sono realizzati in silicio cristallino, che ha un limite di efficienza teorica del 33% per convertire l'energia solare in elettricità. Sono stati sviluppati molti altri materiali semiconduttori e tecnologie di celle solari che funzionano con efficienze più elevate, ma questi hanno un costo di produzione più elevato.

Un pannello solare, o modulo solare, è un componente di un impianto fotovoltaico. Sono costituiti da una serie di celle fotovoltaiche disposte in

un pannello. Sono disponibili in una varietà di forme rettangolari e sono installati in combinazione per generare elettricità.[2] I pannelli solari, a volte chiamati anche fotovoltaici, raccolgono energia dal sole sotto forma di luce solare e la convertono in elettricità che può essere utilizzata per alimentare case o aziende. Questi pannelli possono essere utilizzati per integrare l'elettricità di un edificio o fornire energia in località remote.

Oltre all'uso residenziale e commerciale, esiste un uso industriale o di utilità su larga scala del solare. In questo caso, migliaia o addirittura milioni di pannelli solari sono disposti in un vasto impianto solare, o parco solare, che fornisce elettricità a grandi popolazioni urbane.

Di cosa sono fatti i pannelli solari?

Il componente principale di qualsiasi pannello solare è una cella solare. In particolare, un certo numero di celle solari viene utilizzato per costruire un singolo pannello solare. Queste celle sono la parte del dispositivo che converte la luce solare in elettricità. La maggior parte dei pannelli solari sono costituiti da celle solari di tipo silicio cristallino. Queste celle sono composte da strati di silicio, fosforo e boro (sebbene esistano diversi tipi di celle fotovoltaiche). Queste celle, una volta prodotte, sono disposte in uno schema a griglia. Il numero di queste celle utilizzate dipende in gran parte dalla dimensione del pannello che si sta creando, in quanto esistono molte diverse opzioni di dimensionamento.

Una volta che le celle sono disposte, il pannello stesso viene sigillato per proteggere le celle all'interno e coperto con un vetro antiriflesso. Questo vetro protegge le celle solari dai danni e non è riflettente per garantire che la luce solare possa ancora raggiungere le celle. Una volta sigillato, questo pannello viene inserito in un telaio metallico rigido. Questo telaio è progettato per prevenire la deformazione e include un foro di drenaggio per evitare che l'acqua si accumuli sul pannello poiché un accumulo di acqua potrebbe ridurre l'efficienza del pannello. Inoltre, anche la parte posteriore del pannello è sigillata per evitare danni.

Come funzionano i pannelli solari

I pannelli solari agiscono come un modo per montare una serie di celle solari in modo che le loro proprietà uniche possano essere utilizzate per generare elettricità. Le singole celle assorbono fotoni dal Sole, il che si traduce nella produzione di una corrente elettrica nella cella attraverso un fenomeno noto come effetto fotovoltaico. Un inverter viene utilizzato per convertire la corrente continua generata da un pannello solare in corrente alternata. Combinate, queste due tecnologie creano un impianto fotovoltaico. Quando si installa un pannello solare, viene scelto l'orientamento corretto in modo che il pannello solare sia rivolto nella direzione più adatta per l'applicazione specifica. Questo è il più delle volte per produrre la massima energia annuale, ma non è sempre così.

## Inverter

Un inverter è un dispositivo elettrico che accetta corrente elettrica sotto forma di corrente continua (DC) e la converte in corrente alternata (AC). Per i sistemi a energia solare, ciò significa che la corrente CC proveniente dall'array solare viene alimentata attraverso un inverter che la converte in CA. Questa conversione è necessaria per far funzionare la maggior parte dei dispositivi elettrici o interfacciarsi con la rete elettrica. Gli inverter sono importanti per quasi tutti i sistemi di energia solare e sono in genere il componente più costoso dopo i pannelli solari stessi.

La maggior parte degli inverter ha efficienze di conversione del 90% o superiori e contiene importanti caratteristiche di sicurezza tra cui l'interruzione del circuito di guasto a terra e l'anti-islanding. Questi spengono l'impianto fotovoltaico quando si verifica una perdita di potenza della rete

## Scaffalature

Il racking si riferisce all'apparato di montaggio che fissa l'array solare a terra o sul tetto. Tipicamente costruiti in acciaio o alluminio, questi apparecchi fissano meccanicamente i pannelli solari in posizione con un alto livello di precisione. I sistemi di scaffalature devono essere progettati per resistere a eventi meteorologici estremi come uragani o velocità del vento a livello di tornado e/o elevati accumuli di neve. Un'altra caratteristica importante dei sistemi di scaffalatura è quella di collegare elettricamente e mettere a terra il pannello solare per evitare la folgorazione. I sistemi di scaffalature sul tetto sono generalmente disponibili in due varianti, inclusi i sistemi a tetto piano e i sistemi a tetto inclinato. Per i tetti piani è comune che il sistema di scaffalatura includa zavorra ponderata per tenere l'array sul tetto usando la gravità. Sui tetti inclinati, il sistema di scaffalatura deve essere ancorato meccanicamente alla struttura del tetto. I sistemi fotovoltaici montati a terra, come mostrato nella figura 4, possono anche utilizzare zavorra o ancoraggi meccanici per fissare l'array al suolo. Alcuni sistemi di scaffalature montati a terra incorporano anche sistemi di tracciamento che utilizzano motori e sensori per tracciare il sole attraverso il cielo, aumentando la quantità di energia generata a costi di attrezzatura e manutenzione più elevati.

### Altri componenti

I restanti componenti di un tipico sistema solare fotovoltaico includono combinatori, sezionatori, interruttori, contatori e cablaggio. Un combinatorio solare, come suggerisce il nome, combina due o più cavi elettrici in uno più grande. I combinatori in genere includono fusibili per la protezione e sono utilizzati su tutti i pannelli solari di medie e grandi dimensioni e su scala industriale. I sezionatori sono cancelli elettrici o interruttori che consentono la disconnessione manuale di un cavo elettrico. Tipicamente utilizzati su entrambi i lati di un inverter, vale a dire il "sezionatore CC" e il "sezionatore CA", questi dispositivi forniscono l'isolamento elettrico quando è necessario installare o sostituire un inverter. Gli interruttori automatici o gli interruttori proteggono i sistemi elettrici da sovracorrenti o sovratensioni. Progettati per attivarsi automaticamente quando la corrente raggiunge una quantità

predeterminata, gli interruttori possono anche essere azionati manualmente, fungendo da disconnessione aggiuntiva. Un contatore elettrico misura la quantità di energia che lo attraversa ed è comunemente utilizzato dalle società di servizi elettrici per misurare e addebitare i clienti. Per gli impianti solari fotovoltaici, viene utilizzato uno speciale contatore elettrico bidirezionale per misurare sia l'energia in entrata dall'utenza, sia l'energia in uscita dall'impianto solare fotovoltaico. Infine, il cablaggio o i cavi elettrici trasportano l'energia elettrica da e tra ciascun componente e devono essere adeguatamente dimensionati per trasportare la corrente. I cavi esposti alla luce solare devono essere protetti contro l'esposizione ai raggi UV e i cavi che trasportano corrente CC a volte richiedono una guaina metallica per una maggiore protezione.