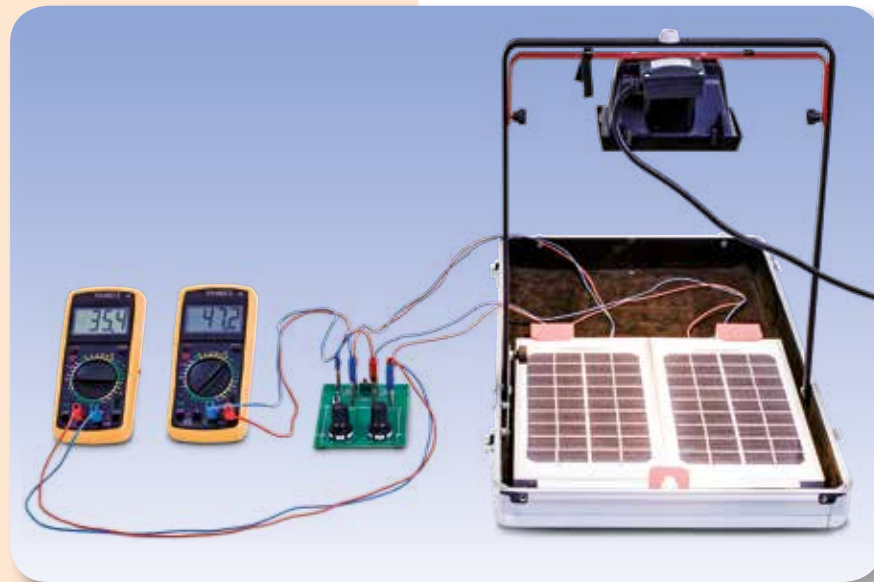




SCOPO

Analisi dell'influenza dell'ombreggiamento parziale

FUNZIONI

- Misurazione e analisi della caratteristica $I-U$ e della caratteristica $P-R$ di un collegamento in serie tra due moduli fotovoltaici.
- Misurazione e analisi delle caratteristiche in condizioni di parziale ombreggiamento con e senza la protezione fornita da diodi di bypass.
- Dimostrazione della tensione di interdizione presso il modulo ombreggiato non protetto.
- Determinazione della perdita di potenza dovuta all'ombreggiamento parziale.

RIASSUNTO

Negli impianti fotovoltaici, diversi moduli vengono solitamente collegati in serie a formare una stringa. I moduli sono a loro volta collegamenti in serie composti da molte celle solari. Da un punto di vista pratico, si hanno ombreggiamenti parziali. I singoli elementi dell'impianto vengono irradiati con un'intensità ridotta e forniscono solo una piccola fotocorrente che limita il flusso attraverso l'intero collegamento in serie. Ciò viene evitato utilizzando diodi di bypass. Nell'esperimento, due moduli da 18 celle solari ciascuno rappresentano un impianto fotovoltaico semplice. Essi vengono alternativamente collegati in serie con e senza diodi di bypass supplementari e irradiati con la luce di una lampada alogena.

APPARECCHI NECESSARI

Numero	Apparecchio	Cat. n°
1	SES Energia solare (230 V, 50/60 Hz)	1017732 o
	SES Energia solare (115 V, 50/60 Hz)	1017731

BASI GENERALI

Negli impianti fotovoltaici, diversi moduli vengono solitamente collegati in serie a formare una stringa. I moduli sono a loro volta collegamenti in serie composti da molte celle solari.

Il calcolo della corrente e della tensione in un collegamento in serie di tale tipo segue le leggi di Kirchhoff attenendosi alla caratteristica corrente-tensione delle celle solari. Tutti i moduli del collegamento in serie sono attraversati dalla medesima corrente I e la tensione totale

$$(1) \quad U = \sum_{i=1}^n U_i$$

n : numero dei moduli

è la somma di tutte le tensioni U_i tra le connessioni dei singoli moduli. La caratteristica corrente-tensione di una cella solare e di un modulo può essere spiegata con l'ausilio di un circuito equivalente costituito, come una connessione in antiparallelo, da una sorgente di corrente costante erogante fotocorrente e un "diodo semiconduttore". Le perdite ohmiche corrispondono a una resistenza supplementare collegata in parallelo (v. esperimento UE8020100 e Fig. 1). La fotocorrente è proporzionale all'intensità di radiazione della luce. In presenza della medesima intensità di radiazione, tutti i moduli si comportano alla stessa maniera e generano la medesima tensione singola. Si ricava quindi dall'equazione 1:

$$(2) \quad U = n \cdot U_i$$

Nella realtà, in un impianto fotovoltaico possono tuttavia verificarsi ombreggiamenti parziali. I singoli moduli dell'impianto vengono irradiati con un'intensità ridotta e forniscono solo una piccola fotocorrente che limita il flusso attraverso l'intero collegamento in serie. Tale limitazione di corrente ha come conseguenza la generazione di tensioni U_i differenti sui singoli moduli.

Nella situazione più estrema, le tensioni sui moduli interamente illuminati raggiungono in caso di cortocircuito ($U = 0$) valori fino alla tensione a vuoto, v. anche Fig. 2. Nei moduli ombreggiati, la somma di tali tensioni si trova in interdizione. Ciò può provocare un massiccio surriscaldamento e distruggere il rivestimento o persino le celle solari. Per proteggere gli impianti fotovoltaici, si utilizzano diodi di bypass, in grado di invertire la corrente sull'elemento ombreggiato.

Nell'esperimento, due moduli da 18 celle solari ciascuno rappresentano un impianto fotovoltaico semplice. Essi vengono alternativamente collegati in serie con e senza diodi di bypass supplementari e irradiati con la luce di una lampada alogena. Dapprima i due moduli vengono illuminati con la medesima intensità, poi un modulo viene ombreggiato di modo che fornisca solamente metà della fotocorrente.

In ciascun caso, si registrano e comparano le caratteristiche $I-U$ dal cortocircuito al funzionamento a vuoto. Si calcola inoltre la potenza come funzione della resistenza di carico per determinare la perdita di potenza dovuta all'ombreggiamento e l'influenza dei diodi di bypass.

Nel caso del cortocircuito, si misura altresì separatamente la tensione sul modulo ombreggiato. Se il modulo non è protetto con un diodo di bypass, essa raggiunge -9 V.

ANALISI

Quando un modulo fornisce ad esempio solo metà della fotocorrente, in assenza di un diodo di bypass tale situazione comporta il cortocircuito del collegamento in serie.

Il diodo di bypass fa sì che il modulo interamente illuminato fornisca una corrente più elevata fino a quanto questa inizia a diminuire perché viene raggiunta la tensione a vuoto del singolo modulo.

Il modello matematico per l'adeguamento dei valori misurati nelle fig. 3 e 4 tiene conto delle leggi di Kirchhoff e utilizza la caratteristica corrente-tensione dei singoli moduli rilevata nell'esperimento UE8020100 con i parametri I_{sc} , U_i e R_p . Per tener conto dei diodi di bypass su utilizza la rispettiva caratteristica.

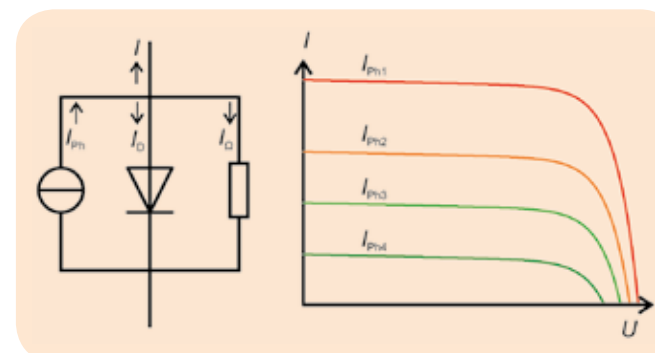


Fig. 1: Schema del circuito equivalente e caratteristiche di una cella solare

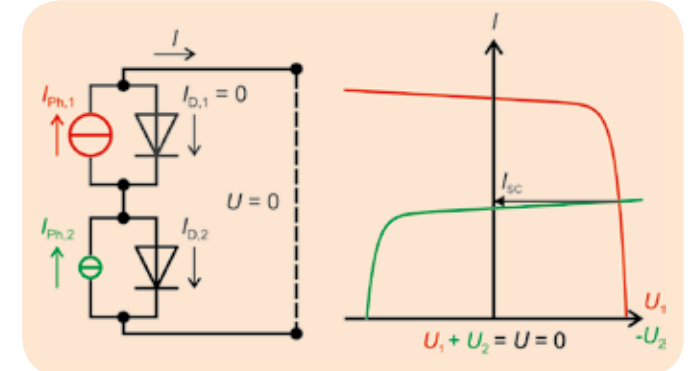


Fig. 2: Modello schematico di un'ombreggiamento parziale del collegamento in serie tra due moduli senza bypass, in cortocircuito ($U = 0$). La caratteristica del modulo ombreggiato (verde) è rappresentata riflessa. Qui si manifesta una tensione U_2 in interdizione.

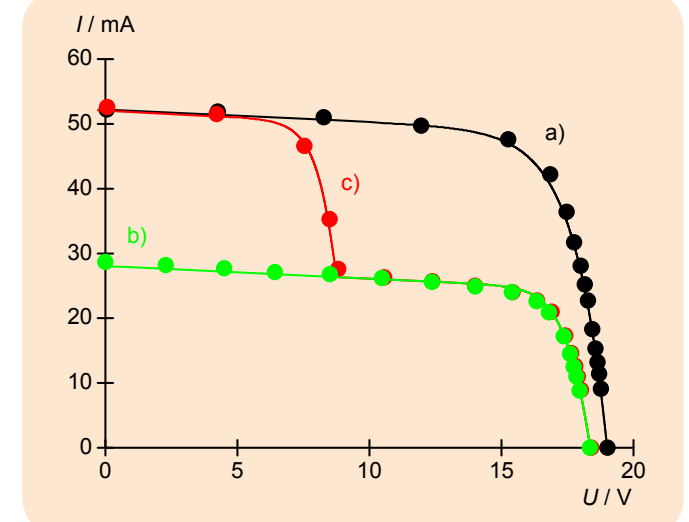


Fig. 3: Caratteristica $I-U$ del collegamento in serie tra due moduli. a) senza ombreggiamento, b) ombreggiamento parziale, senza bypass, c) ombreggiamento parziale, con bypass

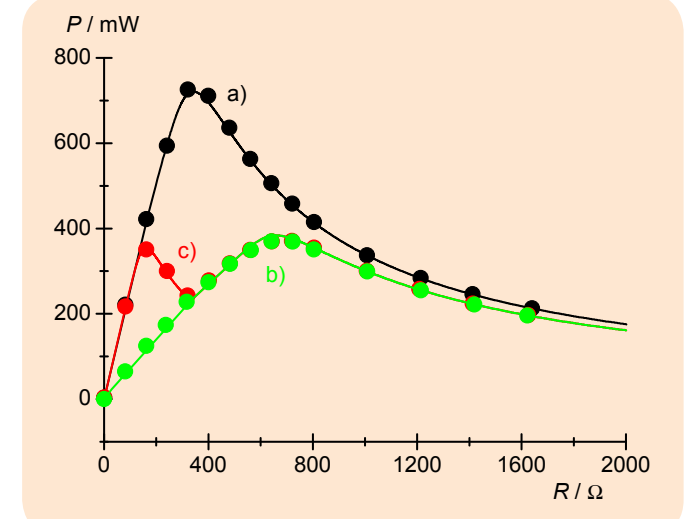


Fig. 4: Caratteristica $P-R$ del collegamento in serie tra due moduli. a) senza ombreggiamento, b) ombreggiamento parziale, senza bypass, c) ombreggiamento parziale, con bypass