

IDENTIFICAZIONE DI MODELLI CIRCUITALI PER PANNELLI FOTOVOLTAICI

Antonino Laudani, Gabriele Maria Lozito, Francesco Riganti Fulginei, Alessandro Salvini¹

¹Dipartimento di Ingegneria – Università degli Studi di “Roma Tre” – Via Vito Volterra 62/b

Parole chiave : Fotovoltaico, Modelli, Ottimizzazione

Questo studio si pone come evoluzione dello sviluppo di un modello a parametri ridotti per la rappresentazione di un dispositivo fotovoltaico. Esistono diversi modelli in letteratura basati su una rappresentazione del dispositivo con un singolo diodo. In particolare, il modello proposto da De Soto, è uno dei più studiati e conosciuti. Il modello circuitale, rappresentato in Figura 1, permette la caratterizzazione circuitale sia di singoli dispositivi fotovoltaici sia di strutture più complesse costituite da serie di celle fotovoltaiche (moduli) e loro successivi paralleli (array).

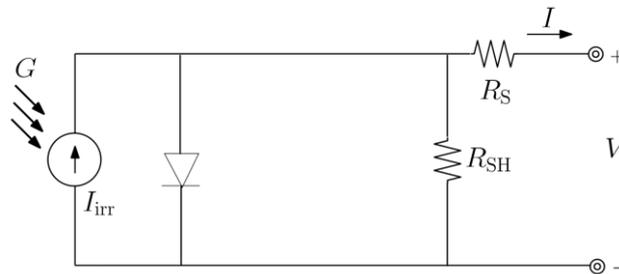


Fig. 1: Modello circuitale “one-diode” per un dispositivo fotovoltaico.

Questo modello è definito da cinque parametri: la corrente di irradianza I_{IRR} , il fattore di idealità n (o a nel caso di più elementi in serie), la resistenza serie R_S , la resistenza parallelo R_{SH} e la corrente di saturazione inversa I_0 . Tradizionalmente esistono due metodi per l’identificazione di questi cinque parametri (e quindi, del modello). Il primo consiste nella formulazione di un sistema di equazioni implicite, a partire da valori del datasheet, da risolvere numericamente. Il secondo consiste nel risolvere un problema ai minimi quadrati tra le curve sperimentali e le curve generate dal modello circuitale.

E’ stato osservato che, mediante manipolazioni algebriche, è possibile ricavare tre dei cinque parametri a partire da altri due [1]. I due parametri indipendenti sono a ed R_S , i parametri dipendenti sono I_0 , I_{IRR} ed R_{SH} . Il problema di identificazione del modello, a prescindere dall’uso dei valori del datasheet [2] o delle curve sperimentali [3], si riduce ad un problema inverso a due variabili, essendo possibile ricavare i parametri rimanenti tramite semplici equazioni esplicite. Il problema è rappresentato schematicamente in figura 2.

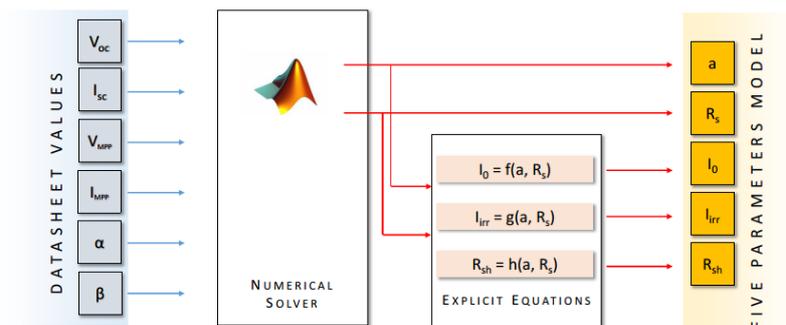


Fig. 2: Rappresentazione schematica dell’identificazione del modello a 5 parametri tramite le forme ridotte.

Rispetto al problema di identificazione classico, questo problema presenta due considerevoli semplificazioni. Per prima cosa, il problema è tendenzialmente unimodale e convesso. Inoltre, lo spazio di ricerca dei parametri è limitato. Nel modello a cinque parametri lo spazio di ricerca per dei parametri fisicamente ammissibili è tutto il semispazio positivo, fatta eccezione per il fattore di idealità, normalmente definito minore di 2 (sebbene dispositivi amorfi possano avere valori molto più elevati). Tramite la riduzione a due parametri, le condizioni di positività di I_0 , R_{SH} e I_{RR} si traducono in un limite superiore per il parametro R_S . Dovendo R_S essere non negativo, ed essendo n limitato per i motivi appena esposti, è chiaro che lo spazio di ricerca è un dominio limitato. Un esempio di funzionale del problema di identificazione e del suo dominio di ricerca sono mostrati in figura 3.

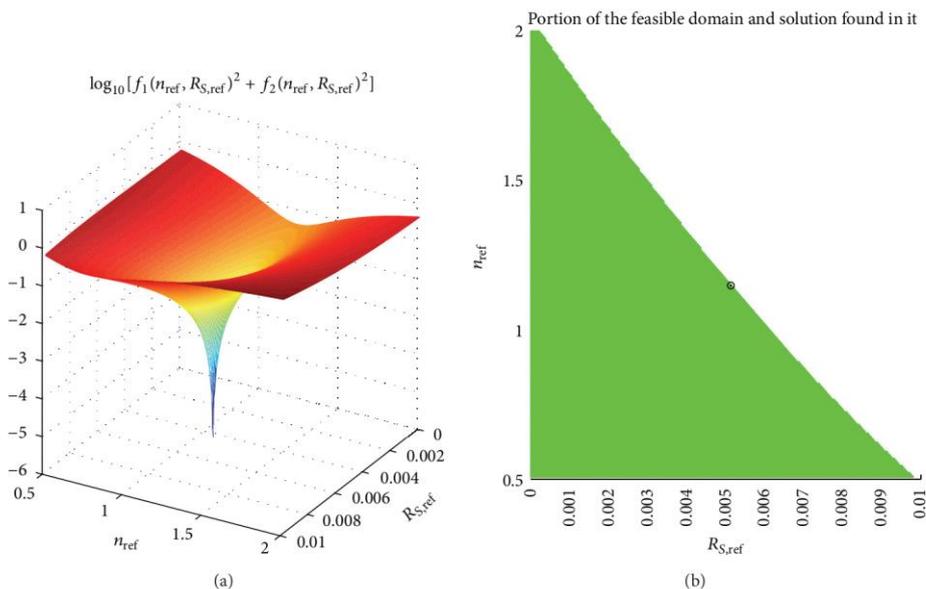


Fig. 3: Rappresentazione schematica dell'identificazione del modello a 5 parametri tramite le forme ridotte.

Il metodo di identificazione è stato testato su 11000 pannelli fotovoltaici appartenenti al database della California Energy Commission (CEC). Per la risoluzione del problema inverso sono state usate differenti tecniche di soluzione numerica implementate in ambiente Matlab, ottenendo soluzioni ad alto grado di precisione (valori del funzionale inferiori a $1E-20$). I tempi di calcolo su Intel i5 Core 2.5GHz sono stati, per 11764 pannelli, di 90 secondi per l'algoritmo più efficiente, e di 400 per l'algoritmo più lento.

BIBLIOGRAFIA

- [1] LAUDANI, Antonino, et al. Reduced-form of the photovoltaic five-parameter model for efficient computation of parameters. *Solar Energy*, 2013, 97: 122-127.
- [2] LAUDANI, Antonino, et al. Very Fast and Accurate Procedure for the Characterization of Photovoltaic Panels from Datasheet Information. *International Journal of Photoenergy*, 2014, 2014.
- [3] LAUDANI, Antonino; RIGANTI FULGINEI, Francesco; SALVINI, Alessandro. High performing extraction procedure for the one-diode model of a photovoltaic panel from experimental I-V curves by using reduced forms. *Solar Energy*, 2014, 103: 316-326.