

CARATTERIZZAZIONE ELETTRICA DI FONTI RINNOVABILI DI ENERGIA ELETTRICA

L. Sandrolini, U. Reggiani, M. Artioli

Dipartimento di Ingegneria Elettrica, Alma Mater Studiorum - Università di Bologna,
Viale Risorgimento 2, I-40136 Bologna

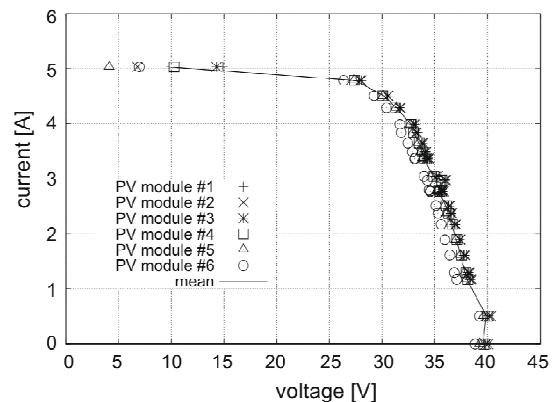
In questo ambito è proseguita un'attività di ricerca volta alla caratterizzazione elettrica di fonti rinnovabili di energia elettrica. In particolare, l'attività di ricerca ha riguardato la modellazione di moduli fotovoltaici a fronte della caratteristica corrente-tensione ricavata sperimentalmente. Le misure sono state eseguite su moduli fotovoltaici al silicio monocristallino installati sul tetto del Dipartimento di Ingegneria Elettrica dell'Università di Bologna, come mostra la Fig. 1 (a), soggetti quindi all'irraggiamento naturale della luce solare. La motivazione della ricerca trae origine dall'esigenza di disporre di un modello accurato per i moduli fotovoltaici qualora se ne voglia studiare l'integrazione in sistemi più complessi (sistemi in isola o connessi alla rete) per il progetto, ad esempio, di convertitori con inseguitori del punto di massima potenza.

La caratteristica corrente-tensione misurata dei moduli, riportata in Fig. 1 (b) per i sei moduli della stringa fotovoltaica installata, è stata rappresentata mediante il noto modello a doppio diodo, più accurato del modello a singolo diodo per basse condizioni di irraggiamento dei moduli. Si tratta di un modello circuitale a parametri concentrati non lineare, i cui parametri devono essere determinati mediante tecniche di estrazione analitiche oppure numeriche, che sostanzialmente adattano la caratteristica misurata a quella del modello circuitale. Nessuna delle tecniche di estrazione è priva di svantaggi (imprecisione introdotta dai dati sperimentali, esigenze computazionali considerevoli, tempi di calcolo eccessivi, soluzioni non fisicamente accettabili oppure condizionate dalla scelta iniziale).

La tecnica di estrazione dei parametri sviluppata si basa su un algoritmo di ottimizzazione iterativo del tipo "a sciame"; i parametri del modello circuitale, che devono essere individuati, vengono inizializzati casualmente nei rispettivi spazi di ricerca e pertanto non sono condizionati dalla scelta di valori iniziali.



(a)



(b)

Fig. 1. (a) Moduli fotovoltaici su cui sono state eseguite le acquisizioni; (b) caratteristiche corrente-tensione degli stessi.

La letteratura mostra che, a causa della non linearità del modello, applicando più volte un metodo numerico iterativo allo stesso insieme di dati sperimentali non si ritrovano valori ricor-

renti per i parametri. Questo si verifica anche nel caso della procedura di estrazione sviluppata a causa della natura stocastica dell’algoritmo su cui essa si basa. Eseguendo, infatti, numerose volte la procedura di estrazione, si ottengono soluzioni tra le quali occorre individuare la più rappresentativa per ogni modulo fotovoltaico. In Fig. 2 (a) è riportata la distribuzione di frequenza così ottenuta per i sei moduli fotovoltaici. Poiché le soluzioni sono vettori multidimensionali (i parametri del circuito equivalente da determinare sono sette) occorre considerare una procedura automatica per individuare la soluzione più rappresentativa. Le soluzioni ottenute sono quindi analizzate per individuare eventuali *cluster*, ovvero gruppi di soluzioni dalle caratteristiche simili. L’analisi condotta sui risultati suggerisce di scegliere i valori medi dei parametri delle soluzioni appartenenti al cluster con maggiore densità. La Fig. 2 (b) mostra i valori medi dei parametri delle soluzioni appartenenti a un cluster normalizzati rispetto ai valori medi per tutte le soluzioni.

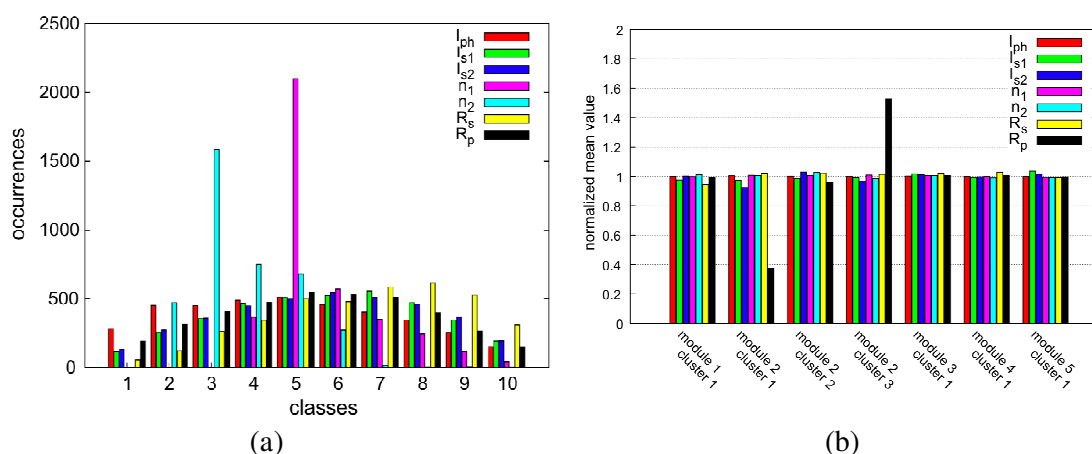


Fig. 2. (a) Distribuzione di frequenza dei parametri dei moduli fotovoltaici; (b) valori medi normalizzati dei parametri estratti dei moduli fotovoltaici.

BIBLIOGRAFIA

- [1] L. Sandrolini, M. Artioli, U. Reggiani, “Numerical method for the extraction of photovoltaic module double-diode model parameters through cluster analysis,” *Applied Energy* 87 (2010), pp. 442–451.
- [2] M. Artioli, U. Reggiani, and L. Sandrolini, “Parameter extraction of photovoltaic modules with a distributed computing approach,” in *Proc. 20th European Photovoltaic Solar Energy Conference and Exhibition*, Barcelona, Spain, 6-10 June 2005, pp. 274–277.
- [3] L. Sandrolini, U. Reggiani, and M. Artioli, “Distributed-computing technique for modelling the equivalent circuit of photovoltaic modules,” in *Proc. 5th IASTED International Conference on Power and Energy Systems (EuroPES 2005)*, Benalmadena, Spain, 15-17 June 2005, pp. 239–244.