

Tecniche di identificazione parametrica per il controllo e la diagnostica di sistemi fotovoltaici e basati su fuel cells

P.L.Carotenuto, L.Egiziano, N.Femia, P.Manganiello, G.Petrone, M.Ricco, G.Spagnuolo

Dipartimento di Ingegneria dell'Informazione, Ingegneria Elettrica e Matematica Applicata
Università di Salerno
Via Giovanni Paolo II, 84084 Fisciano (SA)

Parole chiave: Fotovoltaico, Monitoraggio, Diagnostica

Il costo di realizzazione di un impianto fotovoltaico è ripagato dalla quantità di energia elettrica prodotta che viene utilizzata on-site oppure venduta al gestore della rete di distribuzione. La massimizzazione della produttività energetica è quindi l'obiettivo principale da perseguire nella progettazione. Sebbene da un punto di vista di efficienza di conversione le tecnologie disponibili in commercio siano tali da garantire rendimenti prossimi al 98-99%, molto spesso la resa energetica dell'impianto è notevolmente inferiore a quanto previsto.

L'identificazione di un cattivo funzionamento è alquanto difficile poiché le normali condizioni operative sono molto variabili e a volte il funzionamento anomalo può essere associato, erroneamente, ad una condizione di lavoro accettabile poiché non si conosce il reale stato di salute dell'impianto. Se la situazione di cattivo funzionamento permane per molto tempo, non solo essa provoca una forte riduzione dell'energia prodotta ma può portare anche ad un rapido deterioramento del sistema provocando danni permanenti dovuti ad esempio ai fenomeni di hot spot che possono essere causa di incendi, o all'invecchiamento precoce di alcune parti dell'impianto stesso come i diodi di by-pass. Tali situazioni si possono evitare solo se l'impianto fotovoltaico è dotato di funzionalità diagnostiche che, sulla base di specifiche misure, è in grado di identificare rapidamente le condizioni di mal funzionamento e dare indicazioni precise sulla tipologia del guasto e localizzare il pannello danneggiato.

In letteratura è ampiamente documentato che il cattivo funzionamento, anche di una piccola parte di un singolo modulo, può provocare una significativa riduzione dell'energia prodotta anche dai moduli non danneggiati (fenomeni di mismatch) penalizzando, a volte in modo drammatico, la produttività energetica dell'intero impianto [1]. Per tale motivo lo sviluppo di nuove metodologie di controllo basate su architetture distribuite nelle quali ogni modulo fotovoltaico è equipaggiato con il proprio circuito di conversione è oggetto di numerose pubblicazioni scientifiche e diversi dispositivi sono, ad oggi, disponibili in commercio. In tale contesto l'Unità di Ricerca, in collaborazione con università straniere ed aziende del settore, ha sviluppato nuovi algoritmi e architetture per il controllo delle fonti rinnovabili basati su tecniche non lineari utilizzando sia dispositivi digitali che analogici [2-8].

L'utilizzo di convertitori dedicati ai singoli moduli fotovoltaici equipaggiati con dispositivi di elaborazione embedded è vantaggioso non solo per l'incremento della produttività energetica ma consente di eseguire un monitoraggio localizzato che assicura una facile identificazione dei guasti e, se si implementano metodologie per l'identificazione dei parametri funzionali del pannello, può essere utilizzato anche per fini diagnostici [7-9]. Tali funzionalità sono molto richieste sia per lo sviluppo dei nuovi impianti fotovoltaici sia come dispositivi per il retrofit degli impianti preesistenti. Per quanto riguarda l'identificazione in real-time dei parametri caratteristici di una sorgente fotovoltaica, pochi sono i lavori scientifici che trattano questi aspetti e sono principalmente focalizzati sulla stima della sola resistenza serie, questo perché tale parametro può aumentare notevolmente per effetto della corrosione, dell'invecchiamento, o della rottura delle interconnessioni tra le celle e tra i pannelli provocando una significativa diminuzione della tensione prodotta dal pannello e quindi di una riduzione dell'energia generata.

Tuttavia l'identificazione del guasto è problematica poiché non esiste un livello di soglia ben definito oltre il quale si può ritenere che il modulo sia danneggiato.

L'attività condotta dal Gruppo di Ricerca dell'Università di Salerno ha portato all'individuazione di alcuni indicatori idonei a descrivere in forma sintetica l'effetto di alcuni fenomeni di degradazione. Tali indicatori sono basati sull'uso congiunto di informazioni provenienti dal modello non-lineare con cui solitamente si caratterizza il comportamento elettrico della sorgente fotovoltaica e di dati sperimentali misurati in real-time nelle reali condizioni di funzionamento della sorgente. La stima di tali indicatori consente di ricavare informazioni sulla previsione di vita del pannello stesso valutandone la degradazione al fine di eseguire una manutenzione preventiva [10-13].

Alle attività nel settore fotovoltaico si affiancano studi nell'ambito delle celle a combustibile di tipo PEM: nell'ambito del progetto europeo FP7 D-CODE (<https://dcode.eifer.uni-karlsruhe.de/>), l'Unità di Salerno ha sviluppato un sistema per la diagnostica basata su tecniche EIS. I risultati sono in corso di analisi e saranno oggetto di future pubblicazioni.

BIBLIOGRAFIA

- [1] J. D. Bastidas-Rodriguez, E. Franco, G. Petrone, C. A. Ramos-Paja, and G. Spagnuolo, "Maximum power point tracking architectures for photovoltaic systems in mismatching conditions: a review," *IET Power Electronics*, March 2014. ISSN:1755-4535. Available online.
- [2] H. Renaudineau, F. Donatantonio, J. Fontchastagner, G. Petrone, G. Spagnuolo, J.-P. Martin, S. Pierfederici, and B. Gerardin, "A pso-based global mppt technique for distributed pv power generation," *IEEE Transactions on Industrial Electronics*, In Press.
- [3] C. A. Ramos-Paja, G. Spagnuolo, G. Petrone, and E. Mamarelis, "A perturbation strategy for fuel consumption minimization in polymer electrolyte membrane fuel cells: Analysis, design and FPGA implementation," *Applied Energy*, vol. 119, no. 0, pp. 21 – 32, 2014.
- [4] E. Mamarelis, G. Petrone, and G. Spagnuolo, "A two-steps algorithm improving the p&o steady state {MPPT} efficiency," *Applied Energy*, vol. 113, no. 0, pp. 414 – 421, 2014.
- [5] E. Mamarelis, G. Petrone, and G. Spagnuolo, "Design of a sliding-mode-controlled sepic for pv mppt applications," *Industrial Electronics, IEEE Transactions on*, vol. 61, pp. 3387–3398, July 2014..
- [6] N. Femia, G. Petrone, M. De Cristofaro, and M. Migliaro, "Minimum computing adaptive mppt control," *ISIE-2014*, 1-4, June-2014.
- [7] P. Manganiello, M. Ricco, G. Petrone, E. Monmasson, and G. Spagnuolo, "Optimization of perturbative pv mppt methods through on line system identification," *Industrial Electronics, IEEE Transactions on*, vol. PP, no. 99, pp. 1–1, 2014. ISSN:0278-0046.
- [8] E. Mamarelis, C. A. Ramos-Paja, G. Petrone, G. Spagnuolo, M. Vitelli, and R. Giral, "Reducing the hardware requirements in fpga based controllers: a photovoltaic application," *Revista Facultad de Ingeniera Universidad de Antioquia - ISSN 0120-6230*, pp. 36–48, September 2013.
- [9] P. Manganiello, E. Monmasson, G. Petrone, M. Ricco, and G. Spagnuolo, "On-line optimization of the p&o mppt method by means of the system identification," *IECON 2013 - 39th Annual Conference of the IEEE Industrial Electronics Society*, pp. 1784–1789, 2013. ISBN:978-1-4799-0223-1.
- [10] P. L. Carotenuto, P. Manganiello, G. Petrone, and G. Spagnuolo, "Online recording a pv module fingerprint," *Photovoltaics, IEEE Journal of*, vol. 4, pp. 659–668, March 2014. ISSN:2156-3381.
- [11] J. D. Bastidas-Rodriguez, C. A. Ramos-Paja, G. Petrone, and G. Spagnuolo, "Photovoltaic modules diagnostic: an overview," *IECON 2013 - 39th Annual Conference of the IEEE Industrial Electronics Society*, pp. 94–99, 2013. ISBN:978-1-4799-0223-1.
- [12] J.D.Bastidas-Rodriguez, G.Petrone, C.A.Ramos-Paja and G.Spagnuolo, "Parameter calculation of photovoltaic modules using a genetic algorithm," *Electrimacs*, pp. 37–42, May. 2014. ISBN: 978-84-616-9961-2.
- [13] J. D. Bastidas-Rodriguez, E. Franco, C. A. Ramos-Paja, G. Petrone, and G. Spagnuolo, "Model based indicators to quantify photovoltaic module degradation," *Electrimacs*, pp. 49–54, May. 2014. ISBN: 978-84-616-9961-2