

## **Sviluppo di convertitori ad elevate prestazioni per il maximum power point tracking distribuito (DMPPT)**

*\*L.Egiziano, \*N.Femia, \*G.Petrone, \*G.Spagnuolo, \*\*M.Vitelli, \*E.Mamarelis*

**\*DIIIE**

Università di Salerno  
Via P.Don Melillo, 84084 Fisciano (SA)

**\*\* DII**

Seconda Università di Napoli  
Via Roma, 81031 Aversa (CE)

Al fine di massimizzare la produzione di energia elettrica da impianti fotovoltaici, limitando gli effetti del mismatching (ombreggiamento parziale del campo fotovoltaico, tolleranze intrinseche dei pannelli, diverse superfici di installazione), è possibile utilizzare tecniche di inseguimento distribuito del punto di massima potenza (DMPPT). Queste consistono nella adozione di un convertitore DC/DC o DC/AC dedicato al singolo modulo fotovoltaico, così che questo possa essere reso indipendente dagli altri e possa produrre la massima potenza per le condizioni ambientali correnti.

In tale ambito sono state studiate le seguenti tematiche:

- convertitori ad elevata efficienza ed elevato fattore di innalzamento della tensione per una connessione diretta tra modulo fotovoltaico ed ingresso dell'inverter (dc/dc) ovvero collegamento diretto tra modulo fotovoltaico e rete elettrica (dc/ac);
- algoritmi di controllo MPPT che permettono una implementazione totalmente analogica;
- algoritmi di controllo MPPT di tipo multi-variabile.

Per quanto concerne il primo punto, sono state studiate topologie dc/dc e dc/ac che permettono di collegare il pannello fotovoltaico, tipicamente operante a bassi livelli di tensione (30-40 V), al bus dc in alta tensione (350-500 V) di un sistema multistadio oppure direttamente alla rete elettrica in ac. Questa soluzione consente di ottimizzare il funzionamento di ciascun pannello indipendentemente dalle condizioni operative in cui esso, e gli altri che compongono la stringa, si vengono a trovare. In particolare, si è concentrata l'attenzione su convertitori non isolati che non garantiscono l'isolamento galvanico tra moduli fotovoltaici e rete, comunque non richiesto in molti paesi europei, ma che esibiscono maggiore efficienza, richiedono un numero inferiore di componenti a stato solido ed una circuiteria di controllo semplificata. Per questa categoria di convertitori è stata altresì sviluppata una tecnica di controllo che permette di evitare che le oscillazioni a frequenza doppia di quella di rete in applicazioni monofase si propaghi verso il campo fotovoltaico compromettendole prestazioni dell'algoritmo MPPT. E' stata anche ottimizzata, rispetto alle risorse necessarie, l'implementazione dell'algoritmo su un dispositivo FPGA.

Per quanto riguarda il secondo punto, è stato brevettato un controllore MPPT in elettronica analogica economico, efficiente, affidabile, adattabile ad ogni topologia di convertitore, che non richiede l'uso di moltiplicatori e che è basato sull'impiego di un numero minimo di sensori di grandezze elettriche. L'invenzione è sostanzialmente basata sulla equalizzazione di grandezze elettriche di uscita (quali tensione o corrente) in corrispondenza del forzato scostamento di (omologhe) grandezze elettriche di ingresso di due identici (entro le normali tolleranze di fabbricazione) sistemi fotovoltaici comprendenti ognuno una sezione di un campo fotovoltaico connessa ad un convertitore di potenza.

Per quanto concerne il terzo punto, è stata brevettata una tecnica di controllo multi-variabile per la massimizzazione della potenza elettrica prodotta da generatori che utilizzano fonti di energia rinnovabile. Il metodo opera attraverso la gestione di due o più variabili indipendenti,

selezionate tra quelle che influenzano le prestazioni del sistema, e può essere implementato mediante un dispositivo digitale che controlli uno o più circuiti elettronici di potenza. Il valore assegnato alle variabili è definito sulla base di una strategia adattativa che mira alla ottimizzazione delle prestazioni del generatore nel rispetto dei vincoli di funzionamento del sistema, dettati da condizioni funzionali, di sicurezza, di affidabilità o normativi. L'attività di ricerca ha condotto a risultati che dimostrano come il metodo oggetto dell'invenzione assicuri prestazioni superiori rispetto ad approcci di tipo singola-variabile comunemente adottati.

## Referenze

1. G.Petrone, G.Spagnuolo, M.Vitelli: "A new Analog MPPT Technique: TEODI", Progress in Photovoltaics: Research and Applications, April 2010 pp. 28-41.
2. N.Femia, G.Petrone, G.Spagnuolo, M.Vitelli: "A Technique for Improving P&O MPPT performances of Double Stage Grid-Connected Photovoltaic Systems", IEEE Transactions on Industrial Electronics Vol. 56, No. 11, November 2009, pp. 4473 – 4482.
3. N. Femia, G. Petrone, M. Fortunato, G. Spagnuolo, M. Vitelli: "Dynamic Model of One-Cycle Control for Converters Operating in Continuous and Discontinuous Conduction Mode", Int. J. of Circuit Th. and Applications, Vol.37, June2009, pp. 661-684.
4. G. Petrone, G. Spagnuolo, Carlos Andrés Ramos-Paja, Massimo Vitelli, Juan David Bastidas: "A Multivariable MPPT algorithm for Granular Control of Photovoltaic Systems" Accepted to ISIE 2010, Bari, July 2010.
5. G.Frattini, G.Petrone, G.Spagnuolo, M.Vitelli: "Micro Inverter for PV applications" Accepted to ISIE 2010, Bari, July 2010.
6. G.Petrone, G.Spagnuolo, M.Vitelli: "TEODI: PV MPPT based on the Equalization of the Output operating points in correspondence of the forced Displacement of the Input operating points" Accepted to ISIE 2010, Bari, July 2010.
7. G. Petrone, G. Spagnuolo M. Vitelli "TEODI: A new technique for Distributed Maximum Power Point Tracking PV Applications", IEEE ICIT 2010, pp.956-961
8. E. Mamarelis, Carlos Andrés Ramos-Paja, Giovanni Petrone, Giovanni Spagnuolo, Massimo Vitelli, Roberto Giral "FPGA-based controller for mitigation of the 100 Hz oscillation in grid connected PV systems", IEEE ICIT 2010, pp. 899-904
9. G Adinolfi, N. Femia, G. Petrone, G. Spagnuolo, M. Vitelli "Energy efficiency effective design of DC/DC converters for DMPPT PV applications", IEEE IECON-2009, Porto (Portugal), November 3-5, 2009, pp.4602-4606.
10. M.Fortunato, N.Femia, G. Petrone, G. Spagnuolo M. Vitelli "Dynamic model of a grid-connected photovoltaic inverter with One Cycle Control", IEEE IECON-2009, Porto (Portugal), November 3-5, 2009, pp.4597-4601.
11. N.Baggio, M.Bianucci, G.Petrone, A.Sacchetti, G.Spagnuolo: "Distributed Control of Photovoltaic Modules for Sailing Applications and for Sustainable Mobility", 24th Eur. Photov. Solar Energy Conference 21-24 Sept. 2009 Hamburg, Germany, pp. 4357-4359.
12. L.Egiziano, N.Femia, G.Spagnuolo, G.Petrone, M.Vitelli:"Metodo di controllo di un sistema di generazione di potenza elettrica basato su sorgenti di energia, in particolare sorgenti di energia rinnovabile, e relativo dispositivo controllore", Italian Patent, University of Salerno SA2009A000004-2009.
13. L.Egiziano, N.Femia, G.Spagnuolo, G.Petrone, M.Vitelli: "Apparato controllore ad inseguimento del punto di massima potenza di un sistema di generazione di potenza elettrica basato su sorgenti fotovoltaiche, metodo di controllo e relativo sistema di generazione di potenza elettrica (Teodi)", Italian Patent, University of Salerno RM2009000193, depositato il 24.04.2009.