

Sviluppo di Convertitori di pannello ad elevata affidabilità per la produzione di energia elettrica da sorgente fotovoltaica

**L.Egiziano, *N.Femia, *M.Fortunato, *A.Giustiniani, *G.Petrone, *G.Spagnuolo,
**M.Vitelli*

*Dipartimento di Ingegneria
dell'Informazione ed Ingegneria Elettrica
Università di Salerno
Via P.Don Melillo, 84084 Fisciano (SA)

** Seconda Università di Napoli
Dipartimento di Ingegneria
dell'Informazione
Via Roma, 81031 Aversa (CE)

A seguito di una lunga fase di studio e di attività di ricerca, sia nell'ambito di progetti finanziati dal MIUR e dalla Regione Campania, sia nel corso di collaborazioni finanziate da aziende del settore, le Unità di Salerno e della Seconda Università di Napoli hanno maturato una profonda conoscenza dei principali problemi da affrontare nella progettazione di convertitori per applicazioni fotovoltaiche. Sebbene le soluzioni circuitali attualmente proposte in letteratura, così come quelle disponibili in commercio, garantiscano un'efficienza di conversione superiore al 95%, esse presentano ben note limitazioni che compromettono, talvolta in maniera significativa, la produttività energetica dell'impianto: la presenza di possibili condizioni di mismatching e la scarsa affidabilità del circuito di conversione.

Il mismatch si verifica quando una o più sezioni del campo sono sottoposte a differenti condizioni di soleggiamento oppure sono caratterizzate da parametri costruttivi ed operativi sensibilmente diversi. La conseguente riduzione di produttività energetica condiziona significativamente la diffusione dei sistemi fotovoltaici sia per l'integrazione architettonica (nota come BIPV) sia come fonte di energia per la mobilità sostenibile. Infatti, in tali applicazioni, pur in presenza di un elevato livello di soleggiamento, la diversa orientazione dei moduli e l'impredicibile variabilità dell'ombreggiamento determinano il malfunzionamento dell'impianto fotovoltaico ed in particolare al circuito di conversione dell'energia. Infatti, in tali condizioni, la caratteristica potenza-tensione del generatore diviene multimodale, mettendo così in crisi le usuali strategie di inseguimento del punto di massima potenza (MPPT) basate sulla ipotesi che esista un unico valore di tensione ai morsetti del campo che assicuri la massima potenza prodotta.

Attualmente l'attività riguarda la progettazione di convertitori switching di piccola potenza in grado di interfacciarsi ad un numero limitato di celle fotovoltaiche (10-20) in modo da minimizzare gli effetti del mismatch. Il frazionamento dell'impianto fotovoltaico e la possibilità di utilizzo di celle ad alta efficienza rendono realistico l'utilizzo di tale tecnologia come sistema di ricarica in autoveicoli a propulsione elettrica, in special modo quelli a ridotto ciclo di utilizzo adottati in ambito urbano, e nella nautica da diporto.

Per quanto riguarda l'affidabilità del circuito di conversione, attualmente essa si aggira intorno ai 5-10 anni, quindi inferiore alla durata di vita dei moduli fotovoltaici che è di 25-30 anni. Alcuni studi pubblicati in letteratura evidenziano che l'affidabilità dell'intero sistema è fortemente condizionata da un limitato numero di componenti sottoposti a condizioni di lavoro particolarmente gravose. E' il caso dei condensatori elettrolitici, caratterizzati da una vita media molto più breve di quella di altre tipologie di condensatori, dal cui uso non si può tuttavia prescindere per la necessità di elevati valori di capacità. L'attività di ricerca è mirata alla minimizzazione dei valori di capacità utilizzando configurazioni topologiche innovative oppure attraverso l'utilizzo di convertitori DC/DC o DC/AC di pannello. Infatti, la riduzione della taglia del convertitore consente di lavorare, ad esempio, con una frequenza di switching

più elevata, riducendo quindi l'entità dei componenti reattivi. Nel contempo si stanno studiando soluzioni circuitali che aumentino l'affidabilità del sistema riducendo il numero dei componenti utilizzati, soprattutto quelli soggetti ai maggiori stress. Ad esempio, inverter grid-connected di tipo single-stage associati ad opportune tecniche di controllo, tipicamente non lineari e/o totalmente analogiche, ad esempio basate sulla tecnica One-Cycle, possono contribuire alla riduzione degli stress elettrici per il power stage, con conseguente aumento della vita media del sistema. Nel seguito sono riportati i progetti e le convenzioni di ricerca del biennio 2007-2008 nell'ambito dei quali è svolta l'attività scientifica precedentemente descritta.

- PRIN 2006: "Integrazione di sistemi fotovoltaici in autoveicoli convenzionali ed ibridi". Resp. Scientifico ing. Giovanni Petrone, Coord. Scientifico Nazionale: Prof. G. Rizzo.
- Progetto Leonardo Da Vinci "Energy Conversion Systems and their Environmental Impact" 2005-2007 – coordinatore Unità di Elettrotecnica di Salerno: Prof. G. Spagnuolo.
- Progetti di Ricerca di Ateneo 2006-2007: "Progetto ed ottimizzazione di un inverter fotovoltaico controllato secondo la logica "one cycle"", responsabile Prof. G. Spagnuolo)
- Convenzione di Ricerca 2007-2008 finanziata da Matrix s.r.l.: "Tecnologie, modelli ed analisi di dati per l'energia ed il monitoraggio ambientale" – responsabile: Prof. N. Femia.
- Convenzione di Ricerca 2008 finanziata da Matrix s.r.l.: "Sviluppo ed ottimizzazione di un caricabatterie boost per applicazioni fotovoltaiche di tipo stand-alone" – responsabile: Prof. G. Spagnuolo.
- Convenzione di Ricerca 2008 finanziata da Astrid S.p.A.: "Ottimizzazione del controllore MPPT di un inverter fotovoltaico trifase" – responsabile: Prof. N. Femia.
- Convenzione di Ricerca 2008 finanziata da National Semiconductors U.S.A.: "Reliability issues in micro-inverters for photovoltaic modules" – responsabile: Prof. G. Spagnuolo.
- Progetto Regionale - Campania: "Sviluppo di inverters grid-connected per la conversione di energia prodotta da fonti rinnovabili: applicazione di metodologie per il progetto robusto e adozione di tecniche di controllo innovative per la massimizzazione dell'efficienza" – responsabile: Ing. G. Petrone.

Bibliografia

1. M. Fortunato, A. Giustiniani, G. Petrone, G. Spagnuolo, M. Vitelli: "Maximum Power Point Tracking in a One Cycle Controlled Single Stage Photovoltaic Inverter"; IEEE Transactions on Industrial Electronics, July 2008.
2. N. Femia, G. Lisi, G. Petrone, G. Spagnuolo, M. Vitelli: "Distributed Maximum Power Point Tracking of Photovoltaic Arrays. Novel Approach and System Analysis", IEEE Trans. on Industrial Electronics, July 2008.
3. G. Petrone, G. Spagnuolo, R. Teodorescu, M. Veerachary, M. Vitelli: "Reliability issues in Photovoltaic Power Processing Systems", IEEE Trans. on Ind. Electronics, July 2008.
4. N. Femia, M. Fortunato, G. Petrone, G. Spagnuolo, M. Vitelli: "Dynamic Model of One-Cycle Control for Converters Operating in Continuous and Discontinuous Conduction Mode", accepted for publication on Int. Journal on Circuit Theory and Applications.
5. G. Petrone, G. Spagnuolo, M. Vitelli: "Analytical model of mismatched photovoltaic fields by means of Lambert W-function"; Journal of Solar Energy Materials and Solar Cells Vol 91, Issue 18 November 2007 pp. 1652-1657.
6. N. Femia, D. Granozio, G. Petrone, G. Spagnuolo, M. Vitelli: "Predictive & Adaptive MPPT Perturb and Observe Method". IEEE Transactions On Aerospace And Electronic Systems, vol. 43, No. 3 July 2007, pp. 934-950.
7. L. Egiziano, A. Giustiniani, G. Lisi, G. Petrone, G. Spagnuolo, M. Vitelli: "Experimental characterization of the photovoltaic generator for a hybrid solar vehicle", Proc. of ISIE'07, Vigo, 4-7 June 2007.