Convertitori DC-DC per applicazioni fotovoltaiche con Distributed Maximum Power Point Tracking

**Femia, *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)

Le Unità della Seconda Università di Napoli e dell' Università di Salerno hanno affrontato lo studio delle seguenti tematiche:

- Ottimizzazione dello stadio di potenza di convertitori DC-DC di pannello per applicazioni fotovoltaiche con il fine di massimizzare l'energia prodotta da un campo fotovoltaico in un determinato periodo di tempo sulla base di un profilo giornaliero di soleggiamento caratteristico di una particolare area geografica.
- Determinazione di un modello di campo fotovoltaico con controllo *Distributed Maximum Power Point Tracking* (DMPPT) in regime stazionario ed in regime perturbato con il fine di pervenire ad un criterio di stabilità e ad un metodo di progetto dello stadio di potenza e della tecnica di controllo del convertitore di pannello impiegato.

Nell'ambito delle tematiche sopra indicate è stato affrontato uno studio sistematico delle proprietà dei convertitori statici dell'energia, allo scopo di formalizzare opportuni modelli comprensivi delle perdite di conduzione, di commutazione e nel ferro, con l'obiettivo di effettuare un'analisi funzionale del rendimento rispetto ai parametri dei componenti. In particolare è stato perseguito l'obiettivo di individuare le specifiche di progetto dei singoli componenti che consentono di determinare un profilo di rendimento elettrico del convertitore adattato in base alle caratteristiche della sorgente solare, caratterizzata da una determinata variabilità delle condizioni di funzionamento ottimali in termini di tensione e corrente, con l'obiettivo di massimizzare l'energia in uscita dal convertitore. Tale analisi funzionale ha costituito la base per una ricerca genetica delle soluzioni di progetto ottime del convertitore, tenuto conto delle differenti tipologie e caratteristiche dei pannelli fotovoltaici reali attualmente disponibili. E' stata poi condotta l'analisi di un sistema costituito da un campo fotovoltaico in cui ogni modulo è connesso ad un convertitore DC-DC dedicato con controllo MPPT. Le tecniche di controllo MPPT distribuito costituiscono oggi una soluzione tra le più promettenti ai problemi legati ai fenomeni di ombreggiamento parziale del campo fotovoltaico e alle tolleranze intrinseche dei pannelli che lo compongono. I fenomeni di ombreggiamento parziale del campo fotovoltaico sono molto frequenti in alcune aree geografiche e costituiscono una delle principali limitazioni alla diffusione di impianti fotovoltaici di media potenza in applicazioni residenziali ed alla loro integrazione su tetti e facciate di edifici di nuova generazione. Le tolleranze dei moduli fotovoltaici più diffusi in commercio sono tipicamente nel range $-5/+10\%$ della potenza di picco nominale e costituiscono la causa di riduzioni di efficienza degli impianti che possono determinare una notevole diminuzione dell'energia prodotta a lungo termine. Sebbene architetture di sistemi fotovoltaici con DMPPT siano stati recentemente proposte in letteratura non si dispone ancora di un modello analitico di tali sistemi che sia in grado di predirne il corretto funzionamento e fornire delle linee guida per il progetto dei convertitori di pannello ed il dimensionamento del campo in stringhe di moduli connessi in serie. L'attività di ricerca ha avuto come obiettivo

quello di proporre un sistema di controllo DMPPT con alcune caratteristiche innovative e di pervenire alla formulazione di un modello generale di una stringa di moduli fotovoltaici con DMPPT in regime stazionario ed ai piccoli segnali al fine di metterne in luce i vantaggi, le limitazioni ed i vincoli che è necessario rispettare in fase di progetto.

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 di Ricerca di rilevante interesse nazionale (2007-2008): "Ottimizzazione dello stadio di potenza e delle tecniche di controllo di convertitori switching per il maximum power point tracking (MPPT) fotovoltaico in applicazioni di tipo automotive." Resp. Scientifico Prof. Nicola Femia, Coord. Scientifico Nazionale: Prof. A. Reatti.
- Progetto di Ricerca d'ateneo (2007) "Sviluppo di inverter grid-connected single-stage per la conversione dell'energia da fonti rinnovabili." (Responsabile Prof. Massimo Vitelli).
- Progetto di Ricerca L. R. N. 5 (2008) "Ottimizzazione dello stadio di potenza e delle tecniche di controllo di convertitori switching per il Maximum Power Point Tracking (MPPT) in applicazioni fotovoltaiche" (Responsabile Prof. Massimo Vitelli).
- Progetto Leonardo Da Vinci "Energy Conversion Systems and their Environmental Impact" 2005-2007 – coordinatore Unità di Elettrotecnica di Salerno: 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.

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. Granzio, 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.