

MODELLISTICA CIRCUITALE E TECNICHE DI MASSIMIZZAZIONE DELL'EFFICIENZA PER MODULI FOTOVOLTAICI

G. Grandi, G. Sancineto, C. Rossi

Università degli Studi di Bologna
Dipartimento di Ingegneria Elettrica (DIE)
Viale Risorgimento, 2 - 40136, Bologna

Negli ultimi anni si è assistito ad una ripresa di interesse verso la produzione di energia elettrica con fonti rinnovabili, con particolare riferimento al solare fotovoltaico. Sia la Comunità europea che il governo italiano hanno recentemente attuato una politica di incentivazione per l'installazione di impianti fotovoltaici. Inoltre, è previsto che i produttori di energia elettrica debbano destinare una crescente quota parte della produzione allo sfruttamento di fonti rinnovabili (si sono introdotti i cosiddetti "certificati verdi").

In questo contesto nazionale ed internazionale, cambia radicalmente la prospettiva per il fotovoltaico: dalle applicazioni in "isola" del recente passato si tende ora a veri e propri sistemi di produzione distribuita collegati in parallelo alla rete elettrica. Questa soluzione consente di evitare i costi e le problematiche tipiche dei sistemi di accumulo, e di sfruttare al meglio la forte innovazione e l'abbattimento dei costi dei sistemi elettronici di potenza impiegati per la gestione ottimale dei flussi di potenza e per la connessione con la rete [1], [2].

L'attività di ricerca dell'Unità di Bologna in questo settore riguarda le seguenti tematiche:

Modellistica circuitale ed estrazione dei parametri

Il modello circuitale considerato per la rappresentazione delle caratteristiche elettriche dei pannelli fotovoltaici si basa sul cosiddetto "singolo esponenziale". Il numero dei parametri di tale modello è tipicamente 4 o 5. In letteratura si trovano diverse condizioni poste per la loro determinazione, generalmente basate sulla caratterizzazione $V-I$ del pannello. E' attualmente in fase di messa a punto un algoritmo di estrazione dei parametri basato sull'impiego dei soli dati tipici forniti dai costruttori dei pannelli, quali: tensione a vuoto, corrente di corto circuito, massima potenza e tensione (o corrente) corrispondente. Particolarmente utile nello sviluppo di questa ricerca è stata l'introduzione originale della funzione LambertW (soluzione dell'equazione $z = w(z) \cdot \exp[w(z)]$) per la scrittura in forma esplicita del legame $V-I$ del pannello.

Messa a punto di un "modello hardware"

Nella messa a punto sperimentale dei circuiti e dei convertitori elettronici di potenza per la gestione e l'interconnessione dei pannelli, è necessario allestire in loco un più o meno esteso campo fotovoltaico. Il costo, le problematiche logistiche e l'imprevedibilità delle condizioni ambientali, hanno suggerito di utilizzare in luogo dei pannelli veri e propri un opportuno generatore equivalente con una caratteristica $V-I$ tale da riprodurre il comportamento elettrico dell'intero campo fotovoltaico. Questo "modello hardware" è basato sulla realizzazione di un circuito di potenza simile al modello a singolo esponenziale della cella elementare. Lo schema proposto impiega un chopper controllato con tecnica *feedforward* per la regolazione della corrente ed un insieme di diodi collegati in serie per riprodurre la non linearità della caratteristica esponenziale [3]. Il "modello hardware" può sostituire i pannelli fotovoltaici nello studio, nello sviluppo e nella messa a punto dei convertitori elettronici, consentendo peraltro di rappresentare elettricamente i transitori climatici in termini di variazioni di irraggiamento e/o temperatura, indipendentemente dalle reali condizioni atmosferiche, con notevole risparmio economico.

Algoritmi per l'inseguimento del punto di massima potenza (MPPT)

La caratterizzazione dei pannelli ha evidenziato che la tensione corrispondente al punto di massima potenza varia, in funzione dell'irraggiamento e della temperatura, in un *range* relativamente piccolo e comunque tale da consentire l'accoppiamento diretto del campo fotovoltaico con l'*inverter* di rete [4], [5]. Tale configurazione semplificata evita l'utilizzo di *chopper dc/dc* tra i pannelli ed il *dc-bus* dell'*inverter*, a tutto vantaggio di costo, efficienza ed affidabilità dell'intero sistema.

Per quanto concerne la massima estrazione di potenza dal campo fotovoltaico, è stato proposto un metodo che sfrutta le oscillazioni della tensione e della corrente dei pannelli per calcolare il gradiente della potenza $\partial p/\partial v$, nullo nel punto di massimo (MPP). Il valore così calcolato è utilizzato dal regolatore di tensione del *dc-bus* per inseguire dinamicamente il MPP.

Per i sistemi di grossa potenza (oltre 10 kW, tipicamente trifase), è stato proposto di utilizzare il *ripple* introdotto sul *dc-bus* dalle commutazioni dell'*inverter* [4].

Per i sistemi di piccola potenza (fino a qualche kW, tipicamente monofase), stante le elevate frequenze di commutazione ed il conseguente piccolissimo *ripple* residuo, è stato proposto l'utilizzo delle tipiche oscillazioni a 100 Hz introdotte sul *bus-dc* dalla connessione con la rete monofase a frequenza industriale [5].

Bibliografia

- [1] G. Grandi, M. Landini, D. Casadei, C. Rossi: "*Integration of photovoltaic sources and power active filters*", 4th ISES Europe Solar Congress, EuroSun02, Bologna (Italy), June 23-26, 2002
- [2] G. Grandi, D. Casadei, C. Rossi: "*Dynamic Performance of a Power Conditioner Applied to Photovoltaic Sources*", 10th International Power Electronics and Motion Control Conference, EPE-PEMC 2002, Dubrovnik (Croatia), September 9-11, 2002
- [3] G. Grandi, G. Sancineto: "*Maximum Power Extraction and Hardware Modeling of Photovoltaic Panels*", Accepted at ISES Solar World Congress, Göteborg, Sweden, June 14-19, 2003
- [4] G. Grandi, D. Casadei, C. Rossi: "*Direct Coupling of Power Active Filters with Photovoltaic Generation Systems with Improved MPPT Capability*", Accepted at IEEE International Power Tech Conference, Bologna (Italy), June 23-26, 2003
- [5] G. Grandi, D. Casadei, C. Rossi, G. Sancineto: "*Single-Phase Photovoltaic Energy Conversion System Based on a New Maximum-Power-Point-Tracking Algorithm*", Accepted at 10th European Conference on Power Electronics and Applications, EPE, Toulouse (France), 2-4 September, 2003