

GENERATORI MHD A INDUZIONE

A. Montisci, R. Pintus

Dipartimento di Ingegneria Elettrica ed Elettronica, Università di Cagliari, Cagliari

L'attività di ricerca consiste nello sviluppo di una nuova concezione di generatore MHD che permette di superare i limiti caratteristici di questa classe di generatori e che ne hanno limitato l'impiego a favore di altre tecnologie alternative, principalmente le turbine a gas. Detti limiti possono essere individuati essenzialmente nella necessità di disporre di un intenso campo magnetico esterno, per generare il quale si ricorre in genere a bobine in superconduttore, e nel basso salto entalpico ottenibile nella trasformazione.

Il dispositivo studiato non necessita di un campo magnetico esterno, ma la conversione energetica è ottenuta grazie al principio di induzione, ottenuta grazie a una corrente elettrica variabile nel tempo costituita da portatori di carica trascinati dalla corrente del fluido operativo. Mediante una scarica elettrica si ionizza il fluido operativo, e successivamente le cariche di segno opposto vengono dapprima separate mediante un campo elettrico trasversale alla direzione della velocità del fluido operativo e poi convogliate mediante un diaframma in due correnti fluide distinte. A causa della variazione di concentrazione dei portatori di carica, la corrente elettrica associata alle due correnti fluide è variabile nel tempo e induce così una forza elettromotrice in un avvolgimento toroidale disposto in modo tale da concatenarsi con il flusso magnetico variabile. Le caratteristiche dell'avvolgimento indotto e del carico ad esso collegato, determinano il valore del salto entalpico ottenibile in un singolo stadio della conversione. Nel caso in esame, per semplicità, si è sempre ipotizzato di operare in condizioni di carico elettrico adattato, quindi con salto entalpico massimo riferito al carico, e di conseguenza a scapito del rendimento del generatore.

Il salto entalpico del processo dipende principalmente dalla velocità del fluido operativo e dalla concentrazione dei portatori di carica nelle due correnti fluide separate, perciò il livello di temperatura non costituisce un ostacolo alla conversione, come avviene invece nei generatori MHD convenzionali. Questo fatto apre la prospettiva di realizzare un generatore a induzione multi-stadio, che teoricamente potrebbe elaborare l'intero salto entalpico disponibile in un fluido operativo, in questo modo riducendo la complessità dell'impianto rispetto ai cicli combinati nei quali necessariamente vengono utilizzati i generatori MHD convenzionali. Infine, grazie alla possibilità di operare con temperature molto elevate, il fluido operativo può entrare nel generatore senza bisogno di moderarne la temperatura mediante la diluizione con gas freddo, con il doppio vantaggio di lavorare con portate più basse, quindi con costi di impianto inferiori, e con salti termici più alti, quindi con rendimenti di riferimento più elevati.

La finalità dello studio è stata quella di valutare le condizioni operative ottimali perché si abbia il maggior salto entalpico del fluido durante il processo. L'analisi è stata condotta mediante il metodo agli elementi finiti (FEM) ed adottando un approccio Multiphysics, che permette di considerare contemporaneamente l'aspetto fluidodinamico e quello elettromagnetico del processo. Il modello fisico studiato è stato diviso in tre principali moduli. Il modello elettrostatico valuta il campo elettrico; il modello fluidodinamico valuta il flusso nel dispositivo; infine il modello di diffusione e convezione valuta il trasporto delle cariche elettriche trascinate dal moto del fluido operativo.

L'analisi è stata condotta adottando numerose ipotesi semplificative, che hanno permesso di effettuarne lo studio malgrado la complessità e l'elevato numero di processi coinvolti. In particolare, il dispositivo è stato studiato in condizioni di circuito aperto, quindi senza la reazione di indotto, il che ha permesso di assumere l'ipotesi di incomprimibilità del fluido. Con questa ipotesi, infatti, il fluido evolve nel generatore senza che avvengano trasformazioni di energia, fatta eccezione per le perdite di carico. I valori del salto entalpico producibile in uno stadio sono stati determinati con l'ipotesi di carico adattato. È stata condotta un'analisi di sensitività rispetto a tutti i principali parametri del generatore che influenzano la velocità del fluido nelle correnti separate e la

concentrazione dei portatori di carica. Gli sviluppi futuri prevedono la progressiva rimozione delle ipotesi semplificative, riguardanti la comprimibilità del fluido, il campo di reazione, i flussi magnetici dispersi, e l'ottimizzazione del generatore riguardo il valore del salto entalpico e il rendimento di conversione.

L'attività di ricerca ha condotto alla pubblicazione dei lavori elencati nella bibliografia.

Bibliografia

A. Montisci, R. Pintus "Feasibility analysis and conceptual design of a inductive MHD Generator" The 8th Int. Symp. on Electric and Magnetic Fields (EMF 2009), 26-29 May 2009, Mondovì, Italy.

Augusto Montisci, Roberto Pintus "A Magnetohydrodynamic study of a inductive MHD generator" The European COMSOL Conference 2009, 14-16 October 2009, Milano, Italy.

Augusto Montisci, Roberto Pintus "Sensitivity Analysis of Design Parameters of an inductive MHD Generator" 20th International Symposium on Power Electronics, Electrical Drivers, Automation and Motion, 14-16 June 2010, Pisa, Italy.

Roberto Pintus "Development of an Inductive Magnetohydrodynamic Generator" PhD Thesis, 2011.