

RECENTI SVILUPPI DEL PROGETTO DI RICERCA SUL SISTEMA MICRO-SMES DELL'UNIVERSITÀ DI BOLOGNA

P.G. Albano, C.A. Borghi, M. Breschi, D. Casadei, A. Cristofolini, M. Fabbri, G. Grandi, P. La Cascia, F. Negrini, U. Reggiani, P.L. Ribani, C. Rossi, G. Serra

Dipartimento di Ingegneria Elettrica, Università di Bologna,
Viale Risorgimento 2, 40136 Bologna, Italy

Il progetto di ricerca dell'Università di Bologna su un sistema micro-SMES (Superconducting Magnetic Energy Storage), a bassa temperatura critica, ha come obiettivo la progettazione e realizzazione di un prototipo da 200 kJ / 75 kW. La ricerca si divide in due sottoprogetti: uno dedicato alla realizzazione del magnete superconduttore e del sistema criogenico, l'altro rivolto allo sviluppo del sistema di condizionamento della potenza (PCS, Power Conditioning System).

Il primo obiettivo del progetto del magnete superconduttore è la determinazione della geometria degli avvolgimenti, una volta stabilito il valore dell'energia magnetica immagazzinata e il tipo di superconduttore da utilizzare. Per ridurre il costo del dispositivo è necessario rendere minimo il volume del superconduttore; inoltre per ottenere un sistema compatto è da minimizzare anche il volume dell'intero apparato. Poiché i due obiettivi sono in contrasto, è necessario risolvere un problema di minimizzazione multi-obiettivo, i cui vincoli sono l'energia magnetica, il campo disperso e le caratteristiche del superconduttore. È stato condotto un confronto tra la configurazione con bobine assialsimmetriche ed con bobine toroidali, e si è scelto un modello di riferimento con uno/due avvolgimenti assialsimmetrici. Il progetto del sistema criogenico è in fase di studio: si sta considerando la configurazione con il magnete immerso in bagno d'elio con ricondensazione dell'elio evaporato per mezzo di un cryo-cooler [1, 2]. Sono in fase di sviluppo i codici per il calcolo dettagliato delle perdite AC negli avvolgimenti dovute al regime di corrente alternata ipotizzata per il dispositivo.

Il magnete superconduttore è connesso alla rete attraverso un sistema di condizionamento della potenza (PCS), costituito da un chopper in corrente a due quadranti e da un inverter in tensione (Voltage Source Inverter, VSI), come raffigurato in Fig. 1; i due convertitori sono disaccoppiati per mezzo di un banco di condensatori (DC-link). L'avvolgimento superconduttore è caratterizzato da un'induttanza piuttosto alta e si comporta come un generatore di corrente continua costante. Il ruolo del chopper è quello di mantenere costante la tensione sui condensatori del DC-link. L'inverter funge da interfaccia tra il lato in continua e la rete controllando la modulazione delle correnti che fluiscono attraverso le induttanze di disaccoppiamento. I componenti utilizzati nei due convertitori sono IGBT. Questi elementi sono caratterizzati da un'alta frequenza di commutazione che consente di controllare l'inverter con la tecnica di modulazione PWM, riducendo il bisogno di filtri risonanti e migliorando la larghezza di banda relativa al regolatore di corrente [3]. La struttura di questo PCS è in grado di soddisfare i seguenti obiettivi:

- compensazione della potenza reattiva;
- compensazione delle armoniche di corrente generate da carichi non lineari;

- compensazione di flicker generati da carichi pulsanti;
- funzionamento da UPS (Uninterruptable Power Supply) per brevi interruzioni dell'alimentazione.

Il sistema di controllo è costituito da tre regolatori indipendenti progettati in modo da controllare l'energia immagazzinata nel magnete superconduttore, la tensione sul banco di condensatori e le correnti alternate generate dall'inverter [4]. È stata condotta un'analisi dettagliata per ogni regolatore, determinando la funzione di trasferimento e studiando l'influenza dei vari parametri. Sono state condotte simulazioni numeriche in cui si è verificato il comportamento del sistema in caso di carichi pulsanti, carichi R-L e carichi non lineari (ponte di diodi). Successivamente è stato sviluppato un sistema di controllo atto all'implementazione su DSP (Digital Signal Processor).

In laboratorio è stato realizzato un PCS da 75 kVA con la stessa topologia mostrata in Fig. 1. L'algoritmo di controllo è stato implementato su una scheda DSP che si basa su un processore Power PC (333 MHz) per l'elaborazione numerica e su una CPLD (Complex Programmable Logic Device) per il controllo degli IGBT.

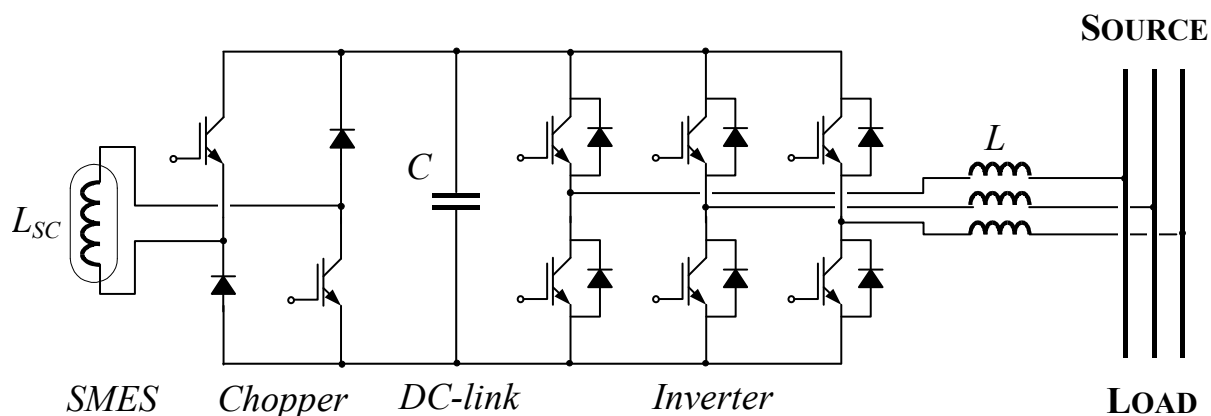


Fig. 1 - Schema della struttura del sistema

BIBLIOGRAFIA

- [1] C.A. Borghi, M. Fabbri, P.L. Ribani, "Design Optimization of a Microsuperconducting magnetic Energy Storage System", *IEEE Trans. Magn.*, vol. 35, n.5, pp. 4275-4284, Settembre 1999.
- [2] M. Fabbri, F. Negrini, P.L. Ribani, "Optimized Magnetic Design of a High Temperature micro-SMES", *Int. J. of Modern Physics B*, vol. 13, n. 9 & 10, pp. 1351-1356, 1999.
- [3] D. Casadei, G. Grandi, U. Reggiani, C. Rossi, "Active Power Filter with Minimum Measurement Requirements", *Proc. IEEE - APEC '99 Conf.*, Dallas (Texas, US), 14-18 Marzo 1999, pp. 1153-1160.
- [4] D. Casadei, G. Grandi, U. Reggiani, G. Serra, "Analysis of a Power Conditioning System for Superconductive Magnetic Energy Storage", *Proc. IEEE-ISIE '98 Conf.*, Pretoria (SA), 7-10 Luglio 1998, pp. 546-551.