

STUDIO SPERIMENTALE DELLE PERDITE IN DUE TIPOLOGIE DI LIMITATORE DI CORRENTE SUPERCONDUTTIVO (SFCL)

Salvatore Imparato, Antonio Morandi, Francesco Negrini, Massimo Fabbri, Pier Luigi Ribani

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

E' opinione consolidata nella letteratura scientifica internazionale che i sistemi elettrici di potenza subiranno aumenti significativi dei valori delle correnti di corto circuito a seguito del crescere della domanda di energia e del conseguente aumento dei centri di produzione e del livello di magliatura delle reti. Le misure tradizionali utilizzate per limitare le correnti di guasto sono dissipative e in controtendenza rispetto ai requisiti di sviluppo energetico sostenibile fissati dagli accordi internazionali in materia di normativa ambientale (kyoto). Il limitatore di corrente superconduttivo (Superconducting Fault Current Limiter) è oggetto di studio intenso da parte della comunità scientifica internazionale [1-4]. Tale dispositivo, infatti, presenta caratteristiche funzionali di affidabilità e sicurezza poiché raggiunge un effetto limitante in modo spontaneo pochi microsecondi dopo l'evento "guasto" di cortocircuito. Esistono allo stato dell'arte diverse tipologie di SFCL [5]. Il SFCL di tipo resistivo, vedi Fig. 1, è quello che sembra avere maggiori possibilità di affermarsi. Quando l'intensità di corrente supera un valore di soglia, il superconduttore transisce allo stato di normale conduttore e oppone una resistenza R_q di valore prefissato che in parallelo ad resistenza di shunt contribuisce a limitare la corrente di guasto. Uno dei punti deboli di tale applicazione è rappresentato dalla dissipazione di potenza elettrica che avviene nel materiale superconduttore quando attraversato da una corrente alternata, mentre è noto che in condizione di corrente continua costante le perdite nei materiali superconduttori sono praticamente nulle [6]. I materiali HTS (ad alta temperatura critica 65-77 K) finora utilizzati sono l'YBCO e BSCCO (77 K), con qualche tentativo in MgB_2 (39 K). Particolare attenzione negli ultimi tempi hanno avuto i materiali di seconda generazione; tra questi l'YBCO 2G che risulta avere buone prestazioni nell'effetto limitante e basse perdite in condizioni di normale funzionamento, ma i costi e i tempi di produzione attualmente risultano essere proibitivi.

Il Dipartimento di Ingegneria Elettrica dell'Università di Bologna ha ideato e brevettato un SFCL funzionante in DC per applicazioni in AC [7]. Il dispositivo (**DC resistive type**) consiste in un avvolgimento superconduttivo inserito in un ponte raddrizzatore, vedi Fig. 2, a sua volta connesso in serie alla linea da proteggere. Tale configurazione permette di minimizzare le perdite nel criostato nelle condizioni di normale funzionamento, in quanto l'avvolgimento superconduttivo lavora in regime di corrente continua quasi costante (con un ripple di circa 1.4% della corrente di linea) pur conservando l'effetto limitante durante il guasto. Al fine di verificare la prestazione in termini di potenza dissipata del DC resistive type rispetto a quella offerta dal AC resistive type [8], è stato allestito un circuito di prova presso il Laboratorio di Ingegneria Magnetofluidodinamica e Superconduttività Applicata (LIMSA) dell'Università di Bologna. Utilizzando una bobina realizzata con nastro di tipo BiSCCO (fornita dal centro Enea Ricerca Sistema Elettrico - ERSE di Milano) sono state realizzate le due configurazioni oggetto di studio.

Per variazioni della corrente di carico (step del 10% del valore della corrente critica del nastro superconduttivo $I_c=135$ A), sono stati rilevati i valori di potenza dissipata in entrambi i casi a parità di precisione e accuratezza del sistema di misura. Dalla fig. 3 è possibile notare che le perdite dissipate nel liquido criogenico (azoto liquido) nel caso di configurazione DC resistive SFCL sono trascurabili rispetto alla configurazione AC resistive SFCL, anche nel caso in cui il valore dell'induttanza nel ramo centrale del ponte vari da 3 mH a 1.5 mH.

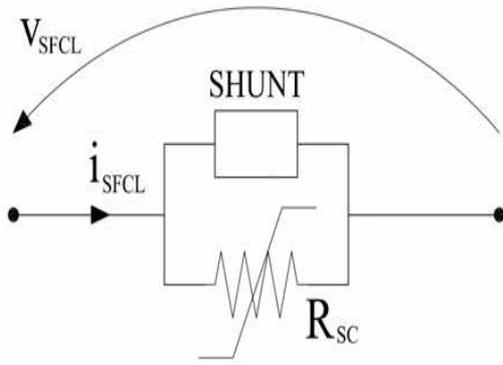


Fig. 1. AC SFCL resistive type.

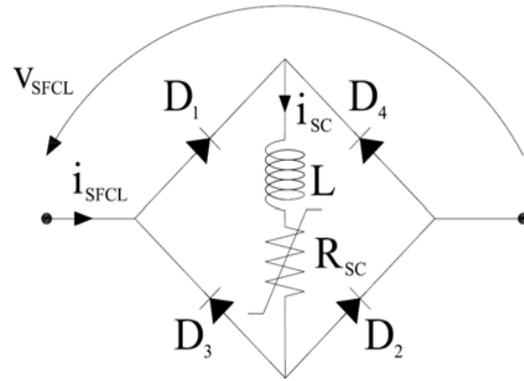


Fig. 2 DC SFCL resistive type.

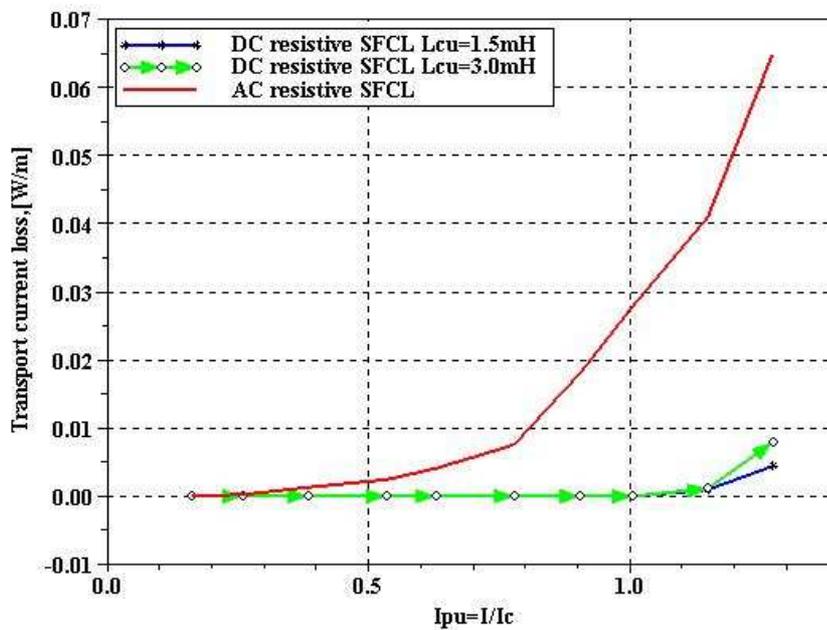


Fig. 3 Curve di potenza dissipata per unità di lunghezza.

- [1] R. Parashar - Areva T&D, "Fault Current Limiters for Trasmission and Distribution systems", 18th Conference on Electricity Distribution, Turin, July 2005.
- [2] A. Neumann, "Applications of Superconducting Fault Current Limiter- Report. PB Power, UK, 2007.
- [3] O. Tsukamoto, "Overview of superconductivity in Japan: strategy road map and R&S status", Journal of Physica C 468 p 1101-1111, 2008.
- [4] W. Prusseit "Superconductor Industry in Germany: status and perspectives", IEEE/CSC & Esas European Superconductivity news forum, No. 4, 2008.
- [5] M. Noe and M. Steuer, "High temperature superconducting fault current limiters: concepts, applications and development status", Supercond. Sci. Technol. n. 20 R15 2007.
- [6] A.M. Campbell, "AC losses in High Tc Superconductors", IEEE Trans. Appl. Supercond., vol. 5, No. 2, 1995.
- [7] A. Morandi and S. Imperato, "A DC operating resistive-type superconducting fault current limiter for AC applications". Supercond. Sci. Technol. n.22, 30 January 2009.
- [8] S. Imperato *et al.*, "Experimental Evaluation of AC losses in a DC resistive SFCL prototype", IEEE Trans. Appl. Supercond., vol. PP, issue:99, march 2010.