

ANALISI SPERIMENTALE E MODELLO CIRCUITALE DI UN LIMITATORE DI CORRENTE SUPERCONDUTTIVO DI TIPO INDUTTIVO

A. Morandi, A. Cristofolini, M. Fabbri, F. Negrini, P. L. Ribani
Dipartimento di Ingegneria Elettrica, Università di Bologna,
Viale Risorgimento 2, 40136 Bologna, Italy

Affinché i sistemi di trasmissione e distribuzione dell'energia elettrica possano far fronte alla sempre crescente domanda di carico, sono necessari un maggiore grado di interconnessione delle reti e un aumento del valore delle tensioni di esercizio. Questi provvedimenti portano però ad una crescita della corrente di corto circuito, fino a valori che potrebbero superare i poteri di interruzione degli interruttori disponibili attualmente. Diviene quindi indispensabile dotare le reti elettriche di un dispositivo di limitazione della corrente di guasto. Allo stato attuale, l'utilizzo dei materiali superconduttori sembra essere una delle vie più promettenti per la soluzione di questo problema.

Nel seguito si presentano i risultati relativi allo studio, di carattere teorico-sperimentale, di un limitatore di corrente superconduttivo di tipo induttivo, condotto nell'ambito di un progetto di collaborazione tra il Dipartimento di Ingegneria Elettrica della University of Tokyo ed il Dipartimento di Ingegneria Elettrica dell'Università di Bologna.

Il prototipo di limitatore, realizzato e testato presso il Nitta laboratory della University of Tokyo, consiste in un avvolgimento in rame di 100 spire (primario) mutuamente accoppiato, attraverso un nucleo a tre colonne di materiale ferromagnetico, con un anello in BSCCO 2212 ($T_c = 93^\circ \text{ K}$). L'avvolgimento primario è connesso in serie al circuito da proteggere.

Lo studio del comportamento del dispositivo è stato effettuato attraverso il modello dello stato critico di Bean; mediante la relazione $|\nabla \times \mathbf{H}| = J_c$ è stato determinato il ciclo di isteresi del flusso magnetico φ_c concatenato con l'avvolgimento normale, e una stima dell'impedenza del dispositivo, al variare della corrente, è stata calcolata come rapporto tra la tensione indotta nell'avvolgimento primario dalla prima armonica di φ_c e la corrente che lo attraversa.

Le caratteristiche statiche tensione - corrente del dispositivo, sperimentalmente rilevate, sono riportate in Fig. 1. I risultati sperimentali mostrano che in corrispondenza di un certo valore della corrente all'interno dell'anello superconduttivo si innesca il processo di transizione verso uno stato normale ed ai capi del dispositivo si stabilisce una considerevole tensione mentre la corrente diminuisce. In altri termini il dispositivo introduce nel circuito un'impedenza di alto valore producendo un consistente effetto limitante.

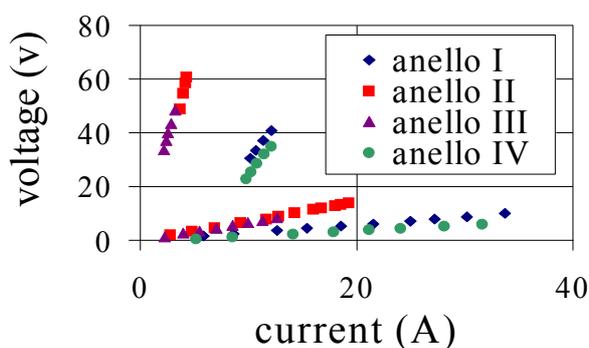


Fig. 1 - Caratteristica statica sperimentale del limitatore superconduttore.

Sulla base dei risultati sperimentali, e tenendo conto dell'isteresi del flusso magnetico concatenato con l'avvolgimento primario, è stato elaborato un modello circuitale che schematizza il dispositivo come un'induttanza non lineare con memoria. Come mostra la Fig. 2, le caratteristiche V-I statiche del limitatore calcolate adoperando questo modello sono in buon accordo con quelle rilevate sperimentalmente. In Fig. 3 sono riportati gli andamenti, calcolati numericamente, delle correnti di guasto in un circuito con limitatore inserito (linea spessa) e con limitatore non inserito (linea sottile). L'introduzione del limitatore è in grado di ridurre di oltre il 40% il primo picco della corrente. Ulteriori simulazioni mostrano che l'efficienza del dispositivo cresce all'aumentare della severità del guasto.

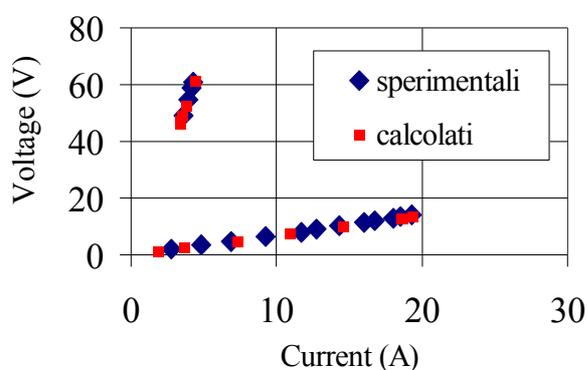


Fig. 2 – Simulazione numerica della caratteristica statica del limitatore superconduttore.

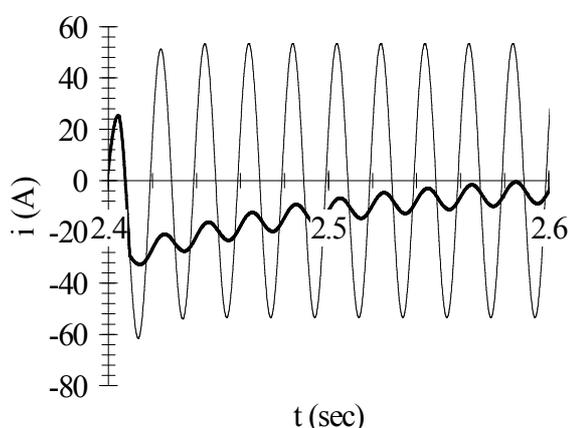


Fig. 3 - Simulazione numerica delle correnti di guasto in un circuito con limitatore inserito (linea spessa) e non inserito (linea sottile).

BIBLIOGRAFIA

1. Y. A. Bashkirov, L. S. Fleishman, T. Y. Patsayeva, A. N. Sobolev, A. B. Vdovin, Current-limiting reactor based on high Tc superconductors, *IEEE Trans. on Magn.*, Vol 27, no. 2, March 1991.
2. V. Meerovich, V. Sokolovsky, J. Boch, Quenching in a High Tc superconducting ring, *IEEE Trans. on Applied superconductivity*, Vol. 5, no.1, March 1995.
3. J. Gerold, Shielded core fault current limiter with smooth HTS transition, *Proc. ICEC 17*, session S2.5, July 1997.
4. A. Morandi, F. Negrini, T. Nitta, S. Oshima, P.L. Ribani, Experimental Analysis and Circuit model of an Inductive type High Temperature Superconductor fault current Limiter, *Proc. SATT 10*, Frascati, Maggio 2000.