

STUDIO SPERIMENTALE E CARATTERIZZAZIONE CIRCUITALE DI UN LIMITATORE DI CORRENTE SUPERCONDUTTIVO DI TIPO TRASFORMATORICO CON SOGLIA DI INTERVENTO REGOLABILE

D. De Palma¹, M. Fabbri¹, H. Hatta², A. Morandi¹, F. Negrini¹, T. Nitta², P.L. Ribani¹

1- Dipartimento di Ingegneria Elettrica, Università di Bologna

2- Department of Electrical Engineering, The University of Tokyo, Japan

I dispositivi di limitazione della corrente di guasto (FCL) che utilizzano materiali superconduttori ad elevata temperatura di transizione presentano una trascurabile impedenza in condizioni di normali funzionamento e un transizione passiva, e affidabile, verso uno stato ad elevata impedenza in condizioni di guasto. Tali caratteristiche rendono questi dispositivi ideali ai fini delle loro introduzioni nelle reti elettriche. Negli ultimi anni sono stati condotti numerosi studi teorici e sperimentali volti a dimostrare la fattibilità degli FCL superconduttivi nelle loro varie tipologie. In particolare, risultati positivi si sono ottenuti nel caso di HTSFCL superconduttivi di tipo Trasformatorico [1].

In questa memoria si descrivono alcuni risultati sperimentali relativi ad un HTSFCL di tipo trasformatore. L'attività sperimentale è stata condotta presso il laboratorio di superconduttività applicata "Nitta Laboratory" dell'Università di Tokyo. Il dispositivo testato è costituito da un avvolgimento superconduttivo primario connesso in serie al circuito da proteggere e magneticamente accoppiato con un avvolgimento superconduttivo secondario chiuso in corto circuito. L'avvolgimento primario è realizzato mediante materiale SC al fine di ridurre il carico termico del criostato. Il numero di spire del primario è maggiore di quello del secondario. A causa del corto circuito, in condizioni di normale funzionamento il dispositivo presenta un'impedenza trascurabile, legata ai flussi di dispersione e alle perdite AC negli avvolgimenti. Quando la corrente primaria supera una determinata soglia la corrente indotta al secondario supera il valore critico; l'avvolgimento transisce verso uno stato resistivo e ai capi del dispositivo si localizza un'impedenza di elevato valore. La soglia di intervento del limitatore dipende dal rapporto spire e dal coefficiente di mutua induzione tra i due avvolgimenti. È possibile variare la corrente di intervento modificando l'accoppiamento magnetico tra i due avvolgimenti, ossia modificando la loro posizione relativa lungo l'asse. Nella figura 1 è riportata una foto degli avvolgimenti SC.



Figura 1. Avvolgimenti HTS.

I test effettuati confermano l'effettiva possibilità di variazione della corrente di intervento del dispositivo e la sua capacità di limitare la corrente di guasto. La figura 2 mostra l'andamento della corrente e della tensione ai capi del dispositivo in seguito ad un evento di corto circuito la cui corrente supera il valore di soglia del limitatore. L'insorgere di un picco

nella forma d'onda della tensione ai capi dell'FCL testimonia l'innesco della transizione dell'avvolgimento secondario. Il massimo valore che la corrente raggiunge in seguito al corto circuito risulta inferiore del 4.5 % rispetto al picco che essa raggiungerebbe se il limitatore non fosse inserito nel circuito. Tale modesto valore dell'effetto limitante è dovuto al fatto che per ragioni di sicurezza si è scelto di non far transire completamente l'avvolgimento secondario, ossia si è dimensionato il circuito di prova in modo che il cortocircuito non fosse troppo gravoso.

Al fine di poter valutare il comportamento dell'FCL in condizioni di corto circuito più realistiche si è definito un modello circuitale del dispositivo. In tale modello le cadute di tensione associate ai flussi dispersi sono considerate mediante un opportuna induttanza di dispersione, mentre gli effetti della transizione del secondario sono schematizzati mediante una resistenza non lineare la cui relazione di definizione risulta $v = k \text{sign}(i) |i|^N$. I parametri del circuito equivalente sono stati identificati sulla base dei risultati sperimentali. Il modello è in grado di riprodurre con ottima approssimazione i risultati sperimentale. La figura 2 mostra le forme d'onda della tensione e della corrente ai capi dell'FCL calcolate numericamente. Le simulazioni effettuate sulla base del modello circuitale elaborato mostrano che, nel caso di corto circuito molto gravosi il dispositivo può introdurre un effetto di limitazione pari al 32%.

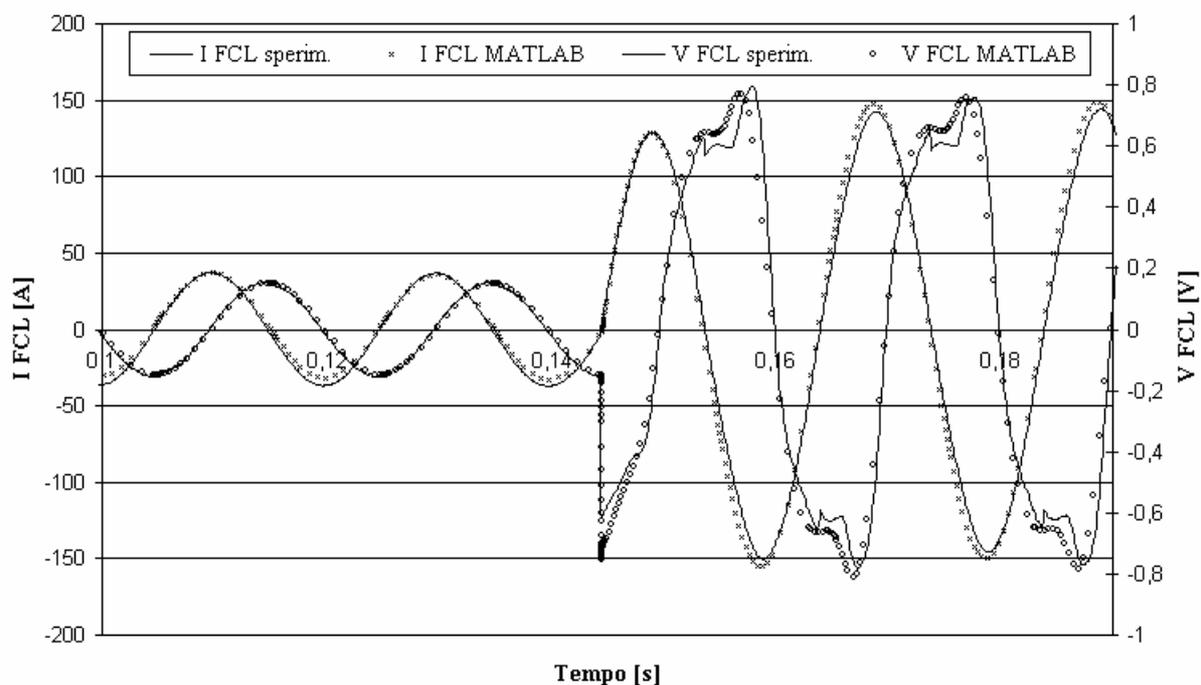


Figura 2. Forme d'onda della tensione e della corrente ai capi dell'FCL.

BIBLIOGRAFIA

- [1] F. Negrini, P.L. Ribani, A. Morandi, T. Nitta, S. Oshima, "Experimental Analysis and Circuit Model of an Inductive Type High Temperature Superconducting Fault Current Limiter", *International Journal of Modern Physics B*, 14, n.25-27, pp. 3171-3176, 2000.