

ANALISI ELETTROMECCANICA DEI FILI SUPERCONDUTTORI DI Nb_3Sn PER IL PROGETTO ITER

M. Breschi, P. L. Ribani

Dipartimento di Ingegneria dell'Energia Elettrica e dell'Informazione
Università di Bologna
Viale Risorgimento 2, 40136 Bologna

Parole chiave: *Fili superconduttori, Modellistica elettromeccanica, Progetto ITER, Nb_3Sn*

Le attività di ricerca oggetto della presente memoria si inseriscono nell'ambito di una convenzione di ricerca tra il Dipartimento di Ingegneria Elettrica dell'Università di Bologna e la ITER International Organization (ITER I/O), l'organismo internazionale costituito per la realizzazione di un reattore sperimentale per la fusione termonucleare controllata a confinamento magnetico. In Fig. 1 è mostrata la sezione di un tipico filo di Nb_3Sn per il solenoide centrale del sistema magnetico di ITER.

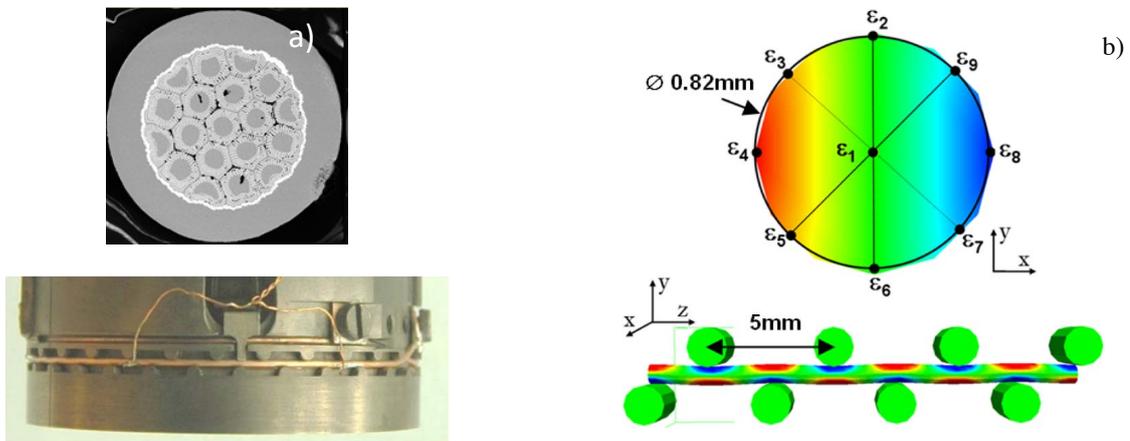


Figura 1 Sezione normale del filo superconduttore di Nb_3Sn ed esperimento TARSIS: foto (a) e schema (b)

Una delle difficoltà principali nell'uso del Nb_3Sn è la sensibilità della densità di corrente critica di tale materiale alla deformazione. La distribuzione della deformazione all'interno di un filo in un cavo dipende dalla temperatura (strain termico), dalle sollecitazioni meccaniche nei punti di contatto con i fili vicini e con il condotto d'acciaio esterno e dalla forza di Lorentz che agisce quando il filo è percorso da corrente. Il calcolo della distribuzione della deformazione viene eseguito mediante un modello agli elementi finiti [1] sviluppato presso l'Ecole Centrale Paris, con la quale è stata avviata una collaborazione di ricerca. I dati di tale distribuzione sono quindi utilizzati in un modello elettromagnetico sviluppato presso l'Università di Bologna per calcolare la distribuzione di corrente tra i fili e la caratteristica $V-I$ del cavo [2]. Dato l'elevatissimo numero di incognite del problema è molto importante poter disporre di un modello semplificato che possa calcolare la caratteristica $V-I$ del filo senza discretizzare il filo stesso nei suoi componenti costitutivi. A tale fine il modello elettromagnetico è stato utilizzato per simulare gli esperimenti svolti su un singolo filo presso l'Università di Twente (Paesi Bassi) nell'impianto denominato TARSIS, mostrato in Fig. 1, in cui i fili vengono sottoposti a sollecitazione periodica di momento flettente simile a quella delle condizioni di lavoro all'interno dei cavi. Il modello considera 19

elementi superconduttivi, corrispondenti alle regioni filamentari e 12 elementi di rame corrispondenti ai 12 settori in cui è suddivisa la corona esterna. Le conduttanze trasversali per unità di lunghezza sono state calcolate mediante un modello agli elementi finiti bidimensionale commerciale e verificate sperimentalmente.

Il modello a 31 elementi (curva in nero di Fig. 2), presenta un buon accordo con i risultati sperimentali. Per approssimare i risultati del modello dettagliato, sono stati sviluppati due modelli semplificati del filo, che lo descrivono con un solo elemento elettrico. Nel primo modello (1CE-0) si suppone che il campo elettrico sia lo stesso in ogni punto di una sezione normale del filo. Tale modello non consente di riprodurre in maniera soddisfacente i risultati del modello dettagliato. Con tale modello viene infatti trascurata la conduttanza trasversale finita che impedisce il parallelo locale tra le regioni filamentari del filo sottoposte a diversa deformazione. Nel secondo modello (1CE-2) si è invece calcolata la distribuzione di corrente tra le diverse regioni filamentari supponendo che la tensione ai capi di una certa lunghezza L_{eff} sia la stessa (con L_{eff} parametro di fitting del modello). Come si può notare in Fig. 2, tale secondo modello consente di ottenere, con L_{eff} superiori a 5 mm, un ottimo accordo con i risultati del modello dettagliato per il calcolo della corrente critica. L'attività di ricerca è tuttora in corso per migliorare l'accordo tra il modello semplificato e quello dettagliato per quanto concerne il cosiddetto ' n -value', ovvero l'esponente della legge di potenza con cui viene descritta la caratteristica $V-I$ del filo superconduttore.

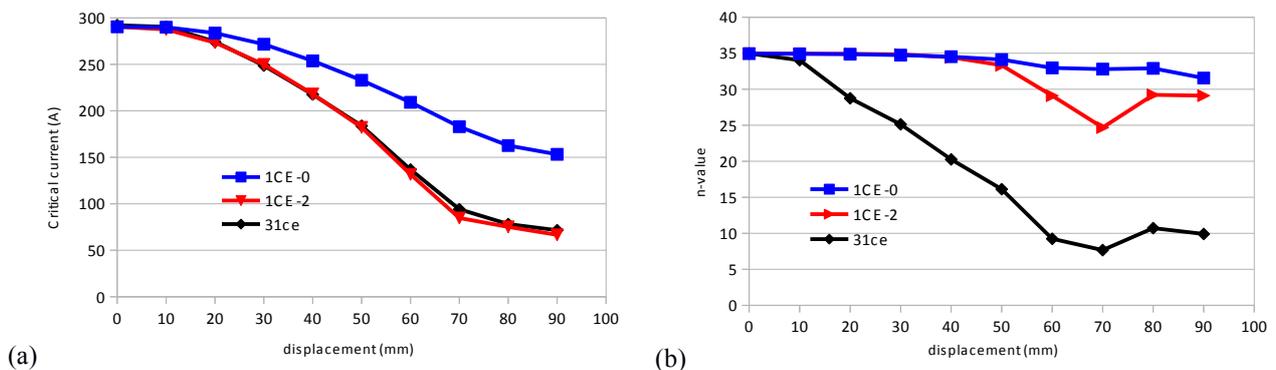


Figura 2. Andamento di corrente critica (a) e n -value (b) del filo superconduttore al variare dello spostamento verticale del dente di TARSIS, calcolati con i modelli a 31 elementi elettrici e ad 1 solo elemento elettrico.

BIBLIOGRAFIA

- [1] H. Bajas, D. Durville, D. Ciazynski, A. Devred, "Numerical Simulation of the Mechanical Behavior of ITER Cable-In-Conduit Conductors", IEEE Trans. Appl. Supercond., vol. 20 (3), pp. 1467-1470, 2010.
- [2] M. Breschi, P. L. Ribani, H. Bajas, A. Devred, "Modeling of the electro-mechanical behavior of ITER Nb3Sn cable in conduit conductors", Superconductor Science and Technology, vol. 25, 054005, 2012.