

PROGETTO MAGNETICO OTTIMIZZATO DI UN MICRO-SMES

C.A. Borghi, A. Cristofolini, M. Fabbri, P. La Cascia, F. Negrini, P.L. Ribani

DIE, Università di Bologna, Viale Risorgimento 2, 40136 Bologna

L'attività di ricerca si svolge nell'ambito di un Progetto triennale del Dipartimento di Ingegneria Elettrica dell'Università di Bologna che si propone lo studio e la realizzazione di un prototipo di micro-SMES (Superconducting Magnetic Energy Storage system) per la gestione della energia elettrica in ambiente industriale perturbato. Il Progetto ha avuto inizio nel settembre del 1997 e coinvolge numerosi ricercatori del Dipartimento impegnati in diverse aree di ricerca (vedi anche bibliografia [1]).

La prima attività inerente la parte superconduttiva del dispositivo consiste nella determinazione della geometria delle bobine e della densità di corrente al loro interno, che permettano di soddisfare le specifiche del progetto che sono principalmente il valore minimo della energia magnetica accumulata ed il valore massimo ammissibile per il campo magnetico disperso. Il progetto deve inoltre tenere conto delle caratteristiche del materiale superconduttore impiegato. Qualora le bobine superconduttive siano realizzate avvolgendo cavi di materiale superconduttore ceramico (BSCCO) ad alta temperatura critica, il mantenimento delle proprietà superconduttive della bobina richiede che in ogni punto della stessa siano soddisfatte le seguenti relazioni :

$$J \leq J_{p,crit}(B_p) \quad , \quad J \leq J_{n,crit}(B_n) \quad (1)$$

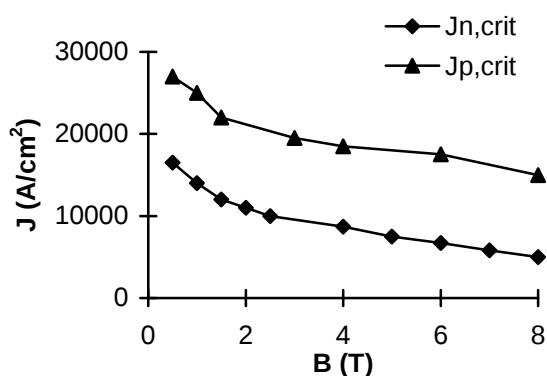


Figura 1. Densità di corrente critica in funzione del valore della induzione magnetica normale ($J_{n,crit}$) e parallela ($J_{p,crit}$) alla superficie del nastro di BSCCO

dove B_n e B_p sono rispettivamente la componente normale e parallela alla superficie dei nastri di materiale superconduttore costituenti il cavo, J è la densità di corrente e le funzioni $J_{p,crit}$ e $J_{n,crit}$ sono dati sperimentali forniti dal costruttore del nastro. Un esempio di tali curve [2] è riportato nella figura 1.

Vengono studiati sistemi costituiti da un generico numero N di solenoidi disposti in configurazione assialsimmetrica (vedi figura 2a) oppure toroidale (vedi figura 2b).

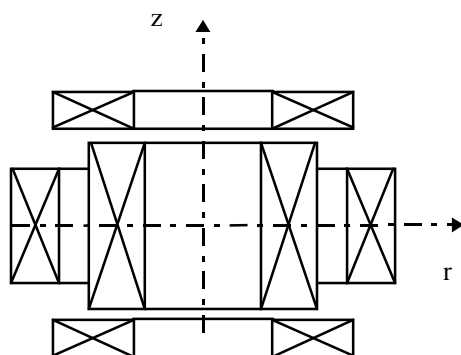


Figura 2a

Schema di configurazione assial-simmetrica con 4 solenoidi
(sezione azimutale)

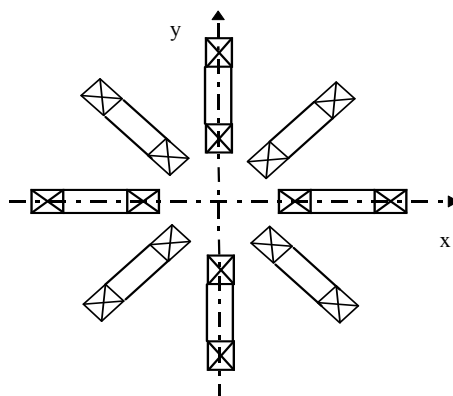


Figura 2b

Schema di configurazione toroidale con 8 solenoidi
(sezione equatoriale)

Il problema viene formulato come un problema di ottimizzazione non lineare vincolata :

$$\min f(\mathbf{x}) \quad \text{con i vincoli:} \quad \mathbf{h}(\mathbf{x}) = 0 \quad , \quad \mathbf{g}(\mathbf{x}) \geq 0 \quad , \quad \mathbf{x}_A \leq \mathbf{x} \leq \mathbf{x}_B \quad (2)$$

dove : $\mathbf{x}$ è il vettore delle incognite, f è la funzione obiettivo, $\mathbf{h}$ è il vettore dei vincoli di uguaglianza, $\mathbf{g}$ è il vettore dei vincoli di disuguaglianza, $\mathbf{x}_A$ ed $\mathbf{x}_B$ sono rispettivamente il vettore dei valori minimi e dei valori massimi ammissibili per le incognite. Le incognite sono costituite dalla posizione e dimensione delle bobine del sistema e dalla densità di corrente. I vincoli contengono le specifiche del progetto. Per quanto riguarda la funzione obiettivo, sono stati presi in considerazione due casi : nel primo la funzione obiettivo è data dal volume d'ingombro del dispositivo (al di fuori del volume d'ingombro il campo magnetico risulta inferiore al valore massimo ammissibile); nel secondo caso invece , la funzione obiettivo è data dal volume delle bobine superconduttrici.

Il problema (2) viene risolto numericamente mediante algoritmi deterministici [3] ed algoritmi stocastici [4].

Bibliografia

1. U. Reggiani, G. Grandi, A. Massarini, I. Montanari, L. Sandrolini, "Analisi di un sistema di condizionamento della potenza per l'interfacciamento di un micro-SMES alla rete", lavoro presentato a questa stessa Conferenza.
2. M. Daumling, R. Flukiger, "Factors determining the magnetic field generated by a solenoid made with a superconductor having critical current anisotropy, *Criogenics* 35 (1995) 867-870.
3. K. Schittkowski, "NLPQL : a FORTRAN subroutine solving constrained nonlinear programming problems", *Annals of Operations Research* 5 (1985/6) 485-550.
4. C. A. Borghi, M. Fabbri, "A combined technique for the global optimization of the inverse electromagnetic problem solution", *IEEE Trans. Magn.* 33 no. 2 (1997) 1947-1950.