

ANALISI E SINTESI DEL CAMPO MAGNETICO DI AVVOLGIMENTI SUPERCONDUTTORI SENZA NUCLEO

Paolo Di Barba, Maria Evelina Mognaschi, Antonio Savini

Dipartimento di Ingegneria Elettrica, Università di Pavia
Via Ferrata 1, 27100 Pavia

La possibilità di realizzare dispositivi elettromeccanici senza nucleo magnetico attrae sempre più i progettisti, grazie ai benefici ottenibili in termini di peso, taglia ed efficienza. A questo riguardo sono di grande interesse gli avvolgimenti di campo in cui nastri di materiale superconduttore ad elevata temperatura critica sostituiscono i conduttori convenzionali in rame. La densità di corrente trasportata dai nastri superconduttori aumenta di ordini di grandezza e fa sì che le prestazioni del dispositivo migliorino. Lo svantaggio è dovuto al campo alla superficie dei nastri, che deteriora le proprietà magnetiche del superconduttore; di qui la necessità di inserire diversori di flusso [1], [2]. Questi sono costituiti da materiale permeabile al campo magnetico e sono posizionati in modo da ridistribuire le linee di flusso lungo i bordi del superconduttore.

In Fig. 1a è mostrato un tipico avvolgimento senza nucleo, caratterizzato da due poli, con diversori inframmezzati. Una possibile applicazione può essere l'induttore di un generatore sincrono. In Fig. 1b sono mostrate le linee di flusso corrispondenti alla geometria di Fig. 1a, per una corrente uniformemente distribuita nei conduttori.

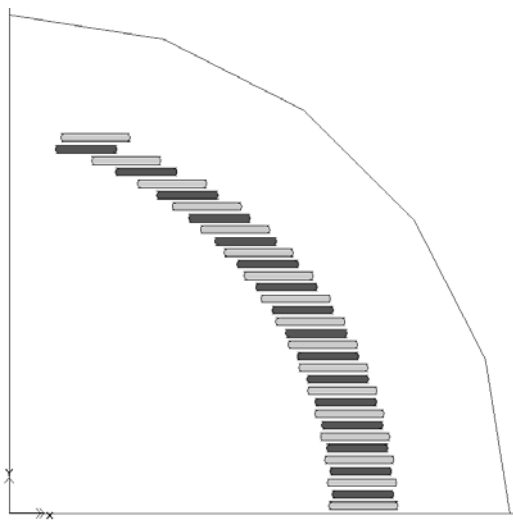


Figura 1a. Prototipo di un avvolgimento senza nucleo con diversori di flusso (chiari) e nastri superconduttori (scuri).

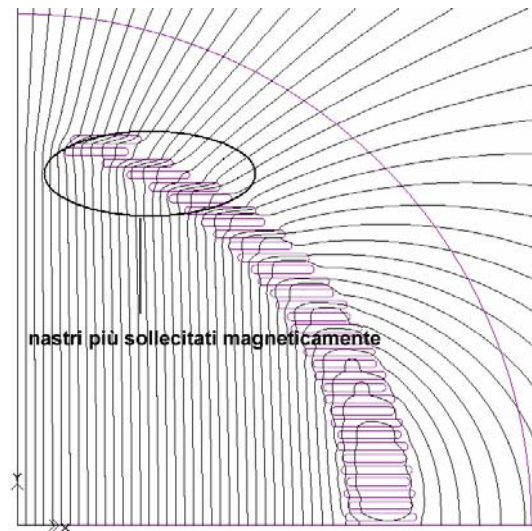


Figura 1b. Linee di flusso corrispondenti alla geometria di Fig. 1a.

PROBLEMA DIRETTO

Si assuma che i nastri superconduttori trasportino una densità di corrente di 100 Amm^{-2} ed abbiano permeabilità relativa $\mu_r = 0.4$; il raggio dell'avvolgimento sia pari a 100 mm. I diversori, inframmezzati ai nastri, abbiano permeabilità relativa $\mu_r = 10$. Per risolvere il problema di analisi del campo magnetico si è utilizzata una formulazione in potenziale vettore, ricorrendo ad un modello bidimensionale agli elementi finiti.

PROBLEMA INVERSO

Come problema inverso è stata considerata la seguente formulazione: dato l'avvolgimento, il numero di diversori, la loro posizione lungo la direzione y , si determini la posizione x e la lunghezza dei diversori affinché la componente normale dell'induzione lungo il bordo del nastro sia minimizzata. Per ridurre il numero di variabili, la posizione x dei diversori viene governata da un profilo parabolico dipendente da 3 parametri; analoga assunzione viene fatta per la lunghezza dei diversori. In questo modo il problema dipende da 6 variabili che controllano posizione e lunghezza di 17 diversori. Tra le possibili norme per valutare la funzione obiettivo, si è scelta quella del massimo considerando tutti i diversori.

A titolo di esempio si riportano i risultati di alcune prove effettuate: la funzione obiettivo calcolata per il prototipo in Fig. 1a vale 440 mT; variando la posizione x dei diversori e mantenendoli tutti di lunghezza 18 mm, la funzione obiettivo vale 374 mT (Fig. 2a). Per converso, variando solo la lunghezza dei diversori e fissando la loro posizione come in Fig. 2b, la funzione obiettivo vale 369 mT. Risulta che i conduttori prossimi all'asse y sono magneticamente più sollecitati, in quanto soggetti al campo di tutti gli altri conduttori.

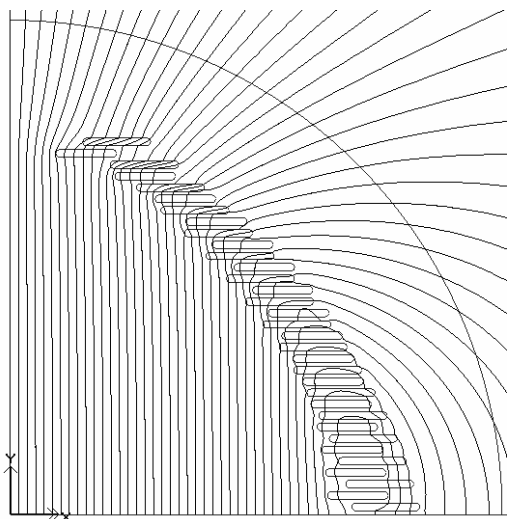


Figura 2a. Linee di flusso dell'avvolgimento a superconduttore con i diversori in posizione differente rispetto al prototipo.

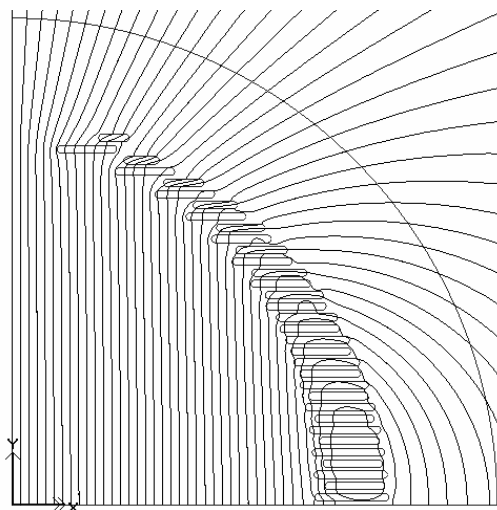


Figura 2b. Linee di flusso dell'avvolgimento a superconduttore con i diversori aventi lunghezze diverse da quelle del prototipo.

L'attività di ricerca si inserisce in una collaborazione avviata fra Università di Pavia e Politecnico di Stettino.

Bibliografia

- [1] G. Krabbes, G. Fuchs, W.-R. Canders, H. May, and R. Palka. *High Temperature Superconductor Bulk Materials*. WILEY-VCH, 2006.
- [2] D. J. Swaffield, P.L. Lewin, G. Chen J. K. Sykulski, Cryogenic dielectrics and hts power apparatus: research at the university of Southampton, IEEE Electrical Insulation Magazine, vol. 22, issue 5, 2006, pp. 29-37.
- [3] P. Di Barba, H. May, M.E. Mognaschi, R. Palka, and A. Savini, Multiobjective design optimization of an excitation arrangement used in superconducting magnetic bearings, International Journal of Applied Electromagnetics and Mechanics IJAEM, vol. 30, no. 3-4, 2009, pp. 127-134.