

UNA TECNICA COMBINATA PER L'OTTIMIZZAZIONE GLOBALE DELLA SOLUZIONE DI PROBLEMI DI SINTESI ELETTROMAGNETICA

*Carlo A. Borghi, Andrea Cristofolini, Massimo Fabbri
Dipartimento di Ingegneria Elettrica - Università degli Studi di Bologna,*

Nel problema di sintesi di un campo magnetico deve essere determinata una distribuzione stazionaria di corrente in un dominio tridimensionale all'esterno di una data regione di dimensioni finite. Il campo magnetico, che deve essere generato all'interno del dominio, è univocamente determinato dalle condizioni imposte sul contorno. Il campo sul contorno è collegato alla densità di corrente tramite una equazione integrale lineare di Fredholm di prima specie ottenuta dalla legge di Biot-Savart [1]:

$$L[J] = b \quad (1)$$

Il problema inverso (1) ammette infinite soluzioni. Esso risulta quindi un problema mal posto secondo la definizione di Hadamard [2]-[3]. La determinazione di una soluzione particolare del problema inverso (1) costituisce un problema di sintesi elettromagnetica. Tale problema di sintesi viene risolto considerando il seguente problema di ottimizzazione:

$$\begin{array}{ll} \text{minimizza} & P[J] \\ \text{soggetto a} & L[J] - b = 0 \end{array} \quad (2)$$

La scelta del funzionale P dipende dal tipo di applicazione e risulta generalmente non lineare. Se il funzionale è limitato inferiormente esiste almeno un minimo locale. Se esistono più minimi locali si definisce come minimo globale il minore dei minimi locali.

Un metodo di Strategia Evolutiva (ES) viene utilizzato per determinare un minimo locale J_1 del problema (2) [4], [5]. Utilizzando tale minimo come punto iniziale il metodo delle Filled Function (FF) permette di determinare una regione contenente un minimo inferiore J_2 , cioè tale che $P(J_2) < P(J_1)$. All'interno di tale regione viene utilizzato nuovamente il metodo ES per determinare il minimo J_2 . Ripetendo iterativamente questa procedura è possibile determinare il minimo globale [6], [7].

Il metodo descritto è stato applicato a due problemi di bibliografia. Il primo caso si riferisce alla determinazione del sistema di bobine poloidali per una macchina toroidale per fusione a confinamento magnetico. E' stata considerata una configurazione a D assial-simmetrica con due punti di nullo. L'ottimizzazione riguarda l'energia magnetica del sistema. Le posizioni e le dimensioni delle bobine, ottenute dalla procedura di ottimizzazione, sono mostrate in Fig. 1 insieme alle linee di flusso del campo di induzione. Il secondo caso riguarda la determinazione del sistema di bobine principali di un dispositivo NMR (Nuclear Magnetic Resonance). La minimizzazione è stata effettuata sul campo disperso. Le posizioni e le dimensioni delle bobine, ottenute dalla procedura di ottimizzazione, sono mostrate in Fig. 2 insieme alle linee di flusso del campo di induzione. La linea tratteggiata in Fig. 2 rappresenta il contorno della regione di interesse in cui si è imposta l'uniformità del campo di induzione.

Il problema di progetto di una pompa elettromagnetica a metallo liquido può essere trattato come problema di sintesi [8]. In tal caso si richiede la determinazione della distribuzione di corrente che produce la forza di spinta necessaria al funzionamento della pompa. Supponendo nota la distribuzione di velocità del fluido operatore, la relazione fra interazione magnetofluidodinamica e densità di corrente è data da un'equazione differenziale riconducibile ad una forma analoga alla (1). La soluzione di tale problema viene ottenuta per

mezzo di una formulazione del tipo (2). E' stata considerata una configurazione assial-simmetrica con densità di corrente azimutale, come mostrato in Fig. 3. Il fluido operatore scorre in direzione assiale con velocità costante. L'ottimizzazione riguarda il rendimento della pompa.

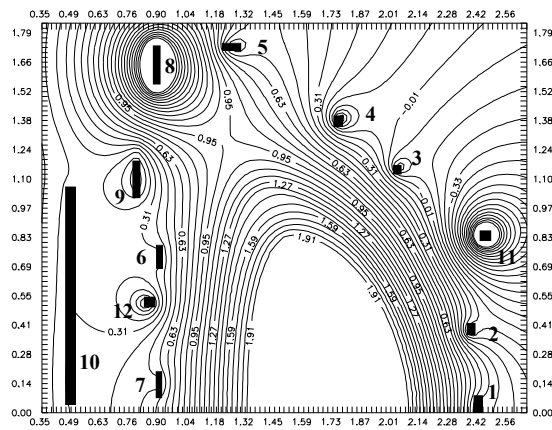


Fig.1 - Posizione delle correnti e mappa di campo per una configurazione a D.

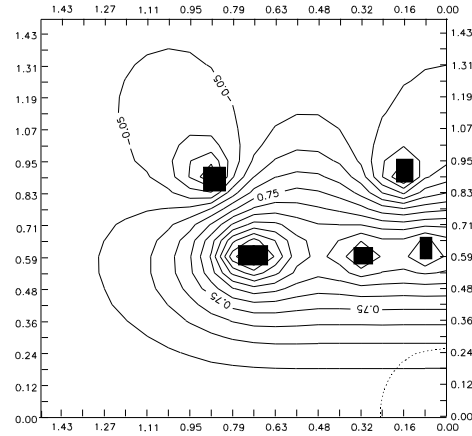


Fig.2- Posizione delle correnti e mappa di campo per un dispositivo NMR.

- linee del campo d'induzione magnetica
- ~ campo d'induzione magnetica radiale
- ▨ materiale ferromagnetico
- metallo liquido
- avvolgimenti

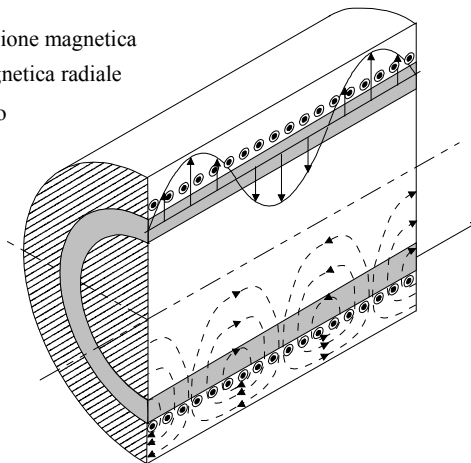


Fig. 3 - Sezione di una pompa elettromagnetica a metallo liquido.

- [1] C.A. Borghi, U. Reggiani, G. Zama, "A method for the solution of an axisymmetric magnetic field synthesis problem", *IEEE Trans. Magn.*, vol. 27, no. 5, pp. 4093-4096, Settembre 1991.
- [2] M.Guarnieri, A.Stella, F.Trevisan, "A methodological analysis of different formulations for solving inverse electromagnetic problems", *IEEE Trans. Magn.*, vol. 26, no. 2, pp. 622-625, Marzo 1991.
- [3] C. A. Borghi, M. Fabbri, "A global optimization method for the solution of a magnetic field synthesis problem", *IEEE Trans. Magn.*, vol. 32, no. 3, Maggio 1996.
- [4] A. Gottvald, K. Preis, C. Magele, O. Biro and A. Savini, "Global optimization methods for computational electromagnetics", *IEEE Trans. Magn.*, vol. 28, no. 2, pp. 1537-1540, Marzo 1992.
- [5] F. Arpino, P. Di Barba, P. Navarra and A. Savini, "3D global optimum of an electromechanical device", *IEEE Trans. Magn.*, vol. 30, no. 5, pp. 3427-3430, Settembre 1994.
- [6] R.P. Ge, Y.F. Qin, "A class of filled function for finding global minimizers of a function of several variables", *J. Optimization Theory and Applications*, vol. 54, pp. 241-251, 1987.
- [7] C. A. Borghi, M. Fabbri, "A combined technique for the global optimization of the inverse electromagnetic problem solution", *Proceedings of the 7th IEEE Conference on Electromagnetic Field Computation*, p. 396, Okayama, Giappone, Marzo 1996.
- [8] C.A. Borghi, U. Reggiani, P.L. Ribani, "A magnetohydrodynamic synthesis problem in MHD generators", *Proceedings of the 11th Conference on MHD Electrical Power Generation*, Vol. 3, pp. 792-797, Pechino, Cina, Ottobre 1992.