

ANALISI ELETTROMECCANICA DELLE ESTREMITA' DI GRANDI TURBOALTERNATORI

⁽¹⁾R. Albanese, ⁽¹⁾F. Calvano, ⁽²⁾G. Dal Mut, ⁽³⁾A. Formisano,
⁽²⁾F. Ferraioli, ⁽⁴⁾F. Marignetti, ⁽³⁾R. Martone,
⁽¹⁾G. Rubinacci, ⁽⁴⁾A. Tamburrino, ⁽⁴⁾S. Ventre

⁽¹⁾Dip. Ingegneria Elettrica, Univ. di Napoli Federico II, Via Claudio 25, 80125, Napoli

⁽²⁾Ansaldo Energia, Via N. Lorenzi 8, 16152, Genova, Italy

⁽³⁾Dip. Ing. Informazione, Seconda Università di Napoli, Via Roma 29, 81031, Aversa (CE)

⁽⁴⁾DAEIMI, Univ. di Cassino, Via De Biase 43, 03043, Cassino, Italy

La analisi dei dispositivi elettromeccanici è un problema ancora aperto per la complessità delle geometrie, per la non linearità dei materiali magnetici utilizzati, per il significativo collegamento con aspetti addizionali (quali la alimentazione, le proprietà termiche, gli aspetti circuitali) che conferiscono al problema proprietà di accoppiamento (termico, circuitale, ecc).

Alcuni aspetti della problematica sono attualmente allo studio nel contesto di una cooperazione tra un gruppo di Università e Ansaldo Energia. In questa sede si fa particolare riferimento alla valutazione delle sollecitazioni elettromeccaniche che nascono in corrispondenza delle estremità nei grandi turboalternatori.

In linea di principio sarebbe possibile immaginare metodologie basate sulla applicazione della legge di Biot-Savart. Tali approcci presentano il vantaggio di utilizzare formulazioni analitiche o semianalitiche ma, purtroppo, una loro utilizzazione diretta mal si presta a trattare le non linearità introdotte dal ferro di statore e rotore.

Bisogna pertanto ripiegare su formulazioni numeriche differenziali o integrali quali quelle basate su elementi finiti (FEM) [1-2]. La rappresentazione FEM è d'altra parte notevolmente complessa, quando esigenze di accuratezza e di risoluzione spaziale nel calcolo dei campi magnetici impongono sofisticate modellazioni di componenti caratterizzati da geometrie complesse e dimensioni limitate.

Molte formulazioni presenti in letteratura sono di tipo differenziale. Il principale vantaggio che ne giustifica l'uso risiede nella sparsità delle matrici da trattare. Difatti, dovendo effettuare la discretizzazione del dominio complessivo, costituito dagli avvolgimenti in rame di statore e rotore, dai materiali magnetici del nucleo dello statore e del rotore e dalle strutture metalliche passive del nucleo statorico e della carcassa, il numero di elementi della mesh è sicuramente elevato quando sono richieste buone accuratezze; pertanto la sparsità delle matrici può contribuire a limitare i costi computazionali. Per contro la parametrizzazione del modello nel caso delle formulazioni differenziali risulta più onerosa.

In questa sede viene presentata invece una formulazione di tipo integrale [3]. Il vantaggio riguarda l'utilizzo di una discretizzazione per le sole regioni materiali che sono sedi di sorgenti indotte e impresse. Il costo computazionale, legato al calcolo e all'inversione di matrici piene, può essere almeno parzialmente mitigato con l'utilizzo delle moderne tecniche di sparsificazione delle matrici piene e di parallelizzazione dei calcoli [4, 5].

Il codice numerico tridimensionale, attualmente in corso di sviluppo, ha superato i primi collaudi effettuati per confronto con il codice commerciale Ansys bidimensionale. Ad esempio la componente radiale ottenuta con il modello tridimensionale del campo magnetico

è stata confrontata con quella fornita dal codice 2D sulla parte rettilinea della macchina. La discretizzazione utilizzata è riportata in Fig. 1. I risultati (Fig.2) mostrano un eccellente accordo tra le due formulazioni.

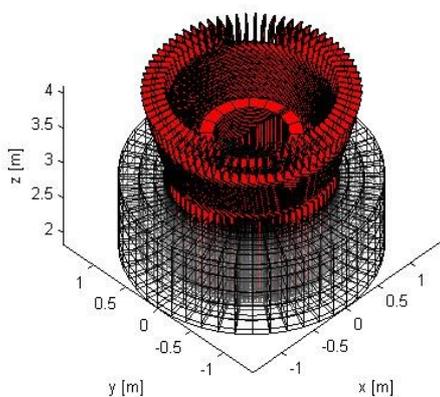


Figura 1: Mesh a elementi finiti tridimensionale usata nelle simulazioni con la formulazione proposta. In rosso gli avvolgimenti in rame di rotore e statore e in grigio il ferro.

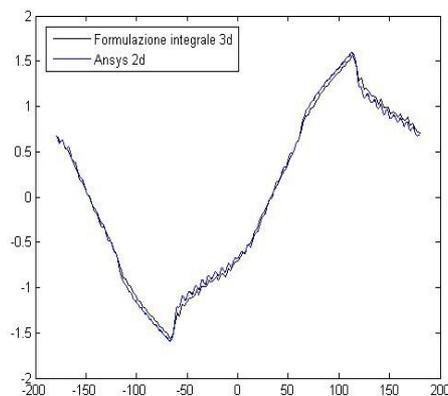


Figura 2: Confronto in termini di componente radiale di B (in Tesla) in funzione della coordinata angolare (in gradi) tra la formulazione proposta (in nero) e Ansys (in blu) nella zona del traferro.

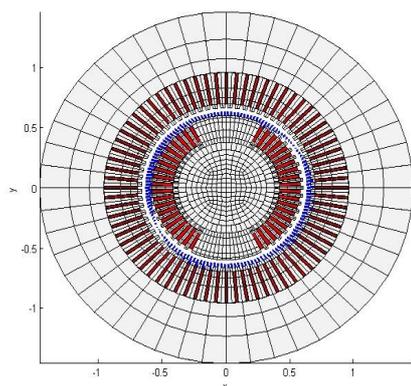


Figura 3: Proiezione 2D della sezione dei conduttori terminali della mesh tridimensionale del ferro (in grigio) e del rame (in rosso) per statore e rotore usata nelle simulazioni. In blu il campo di induzione magnetica al traferro calcolato con la formulazione proposta.

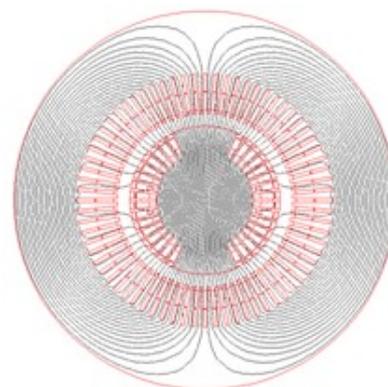


Figura 4: Linee di forza del campo di induzione magnetica, ottenute con il codice numerico commerciale Ansys per il modello 2D.

Referenze

- [1] K.C. Kim, H.W. Lee, Y.D. Chun, and J. Lee “Analysis of Electromagnetic Force Distribution on End Winding for Motor Reliance”, *IEEE Trans. Magn*, vol 41, no. 10, (2005).
- [2] V. S. Lazarns, A. G. Kladass, A. G. Mamalis, and J. A. Tegopoulos, “Analysis of End Zone Magnetic Field in Generators and Shield Optimization for Force Reduction on End Windings”, *IEEE Trans. Magn*, vol 45, no. 3, (2009).
- [3] R. Albanese, G. Rubinacci, “Finite element methods for the solution of 3D eddy current problems”, *Advances in Imaging and Electron*, vol. 102, (1990).
- [4] G. Rubinacci, R. Fresa, S. Ventre, “An eddy current integral formulation on parallel computer systems”, *International Journal for Numerical Methods in Engineering*, vol. 62,

n. 9, (2004).

- [5] G. Rubinacci, S. Ventre, Fabio Villone, Yueqiang Liu, “A fast technique applied to the analysis of Resistive Wall Modes with 3D conducting structures”, *Journal of Computational Physics*, (2009).