

# **RICOSTRUZIONE DA MISURE ESTERNE DI DEFORMAZIONI NEI CONDUTTORI NEI MAGNETI SUPERCONDUTTIVI**

*A. Formisano, R. Martone,*

Dipartimento di Ingegneria della Informazione, Seconda Università di Napoli,  
Via Roma 29, 81031, Aversa (CE)

Il reattore da fusione ITER, attualmente in fase di realizzazione, rappresenta una delle maggiori sfide tecnologiche che l'industria mondiale abbia mai dovuto affrontare. A ciascuno dei suoi componenti sono infatti richieste prestazioni estremamente spinte, con margini di errore ridottissimi. Uno dei principali sistemi è quello dei magneti superconduttori, sia di campo poloidale che di campo toroidale. In particolare, i magneti di campo toroidale (le bobine toroidali, o *Toroidal Field Coils*) devono garantire il campo toroidale necessario al confinamento del plasma.

Per perseguire le ambiziose prestazioni di progetto, le specifiche sul valore e la forma del campo magnetico nella camera di plasma sono molto severe. Tuttavia, nonostante l'utilizzo delle migliori tecnologie di produzione, per le inevitabili tolleranze di lavorazione ed assemblaggio, i magneti purtroppo genereranno campi differenti rispetto a quelli di progetto. Al fine di garantire che il "campo errore", resti limitato entro limiti accettabili, gli errori costruttivi devono essere controllati entro ben precisi limiti e, inoltre, si fa uso di apposite bobine di correzione.

Inoltre è previsto che alla consegna delle bobine e prima del definitivo assemblaggio i magneti vengano testati e caratterizzati. Le procedure di caratterizzazione sono attualmente in fase di definizione; in particolare, si prevede di esaminare le caratteristiche geometriche dei componenti e di valutare la effettiva forma dei conduttori nel magnete.

Questa procedura prevede una prima ispezione di tipo ottico per valutare con la necessaria accuratezza la geometria esterna delle bobine. E' attualmente allo studio la fattibilità di una seconda ricognizione, basata sull'uso di misure magnetiche, finalizzata alla caratterizzazione dell'avvolgimento all'interno della bobina. La conoscenza dell'effettiva distribuzione dei conduttori all'interno dell'involucro della bobina prima dell'assemblaggio finale della macchina potrebbe consentire di correggere, nei limiti del possibile, la mappa del campo magnetico intervenendo nella fase di posizionamento grazie al gioco meccanico lasciato disponibile in fase di progetto.

L'unità di ricerca della Seconda Università di Napoli, nell'ambito di una collaborazione con l'agenzia europea per la fusione (Fusion for Energy), ha valutato le effettive prestazioni di un sistema di ricostruzione della posizione dei conduttori all'interno della bobina toroidale a partire da un insieme di misure magnetiche esterne.

In particolare, la ricostruzione della distribuzione di corrente interna della bobina può essere inquadrato nella classe dei problemi inversi. Purtroppo per la posizione relativa dei conduttori e dei misuratori, il problema soffre di severi problemi di mal condizionamento. Ne consegue che la valutazione degli effetti delle incertezze e del rumore di misura sull'affidabilità delle ricostruzioni è estremamente critica.

Lo studio è stato svolto utilizzando codici di calcolo sviluppati dall'unità di ricerca stessa, e basati sull'approssimazione dei singoli conduttori all'interno dell'avvolgimento mediante un numero elevato di "stick" di corrente. Tale discretizzazione in termini di sorgenti elementari ha consentito una descrizione accurata e flessibile della complessa forma della

bobina di campo, così come riportata in Fig. 1, e la rappresentazione delle possibili deformazioni geometriche.

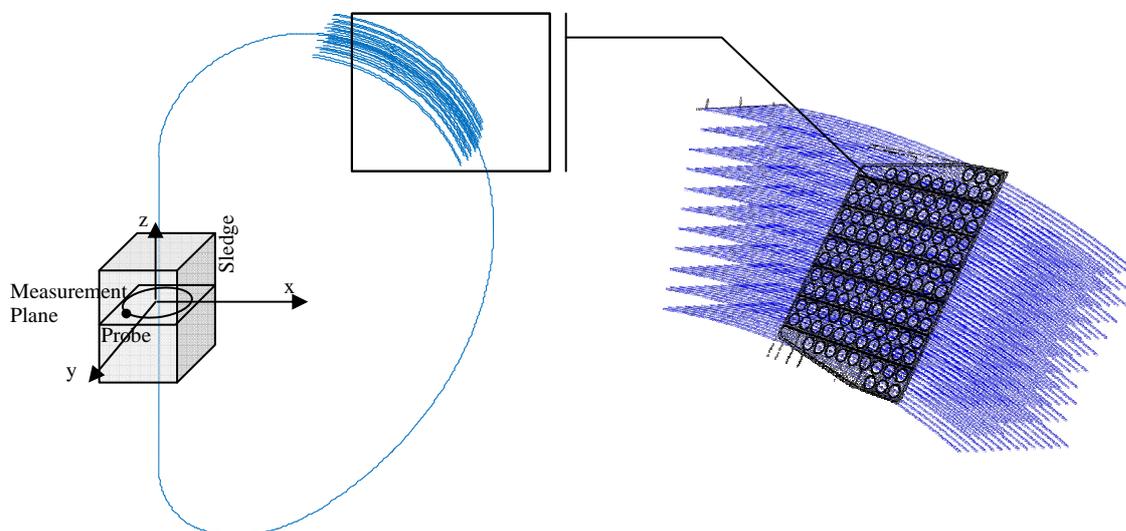


Fig. 1 –Modello geometrico della distribuzione di conduttori della bobina toroidale e schema di principio del sistema di misura.

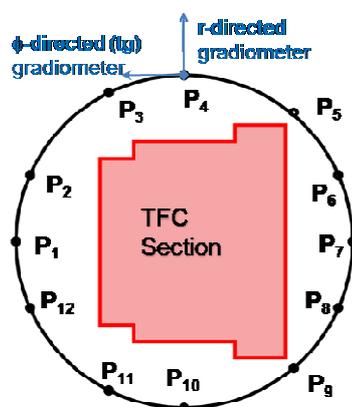


Fig. 2 – Posizione delle sonde Hall intorno all'avvolgimento della bobina toroidale

In Fig. 2 è invece riportato lo schema di un possibile sistema di misura del campo, composto da 12 sonde Hall disposte intorno alla bobina. Il sistema di misura “scivola” lungo la bobina, misurando il campo in un insieme di sezioni di misura, e valutando la distribuzione interna di corrente a partire dai dati così rilevati.

## Referenze

- [1] J. Knaster et al., “ITER Non-axisymmetric error fields induced by its magnet system”, Proc. of SOFT 201
- [2] N. Mitchell and J. Knaster: “Contribution to Plasma Error Fields from the CS, PF and TF coils, ITER\_D\_23DVQU, v. 1.3.
- [4] ITER Design Description Document: DDD 11, Magnets, ITER\_D\_2N6NUK v1.13.