

MODELLISTICA NUMERICA DELL'ISPEZIONE CON CORRENTI INDOTTE DI COMPONENTI PER IMPIANTI NUCLEARI

Flavio Calvano¹, Guglielmo Rubinacci¹, Antonello Tamburrino², Salvatore Ventre²

¹Ass. EURATOM/ENEA/CREATE, DIEL, Università degli Studi di Napoli Federico II, Italy

²Ass. EURATOM/ENEA/CREATE, DAEIMI, Università di Cassino, Italy

La diagnostica a correnti indotte (ECT) è una tecnica fondamentale nell'ambito dei test non distruttivi (NDT) per l'identificazione di difetti in materiali conduttori.

Il metodo è basato sulla misura del campo di reazione, prodotto dalle correnti parassite indotte nel campione sotto indagine e dovuto ad una induzione magnetica primaria variabile nel tempo (vedi Figura 1). La presenza di un difetto disturba la circolazione delle correnti parassite e produce una perturbazione dell'induzione magnetica che dipende dalla posizione e dalla forma del difetto.

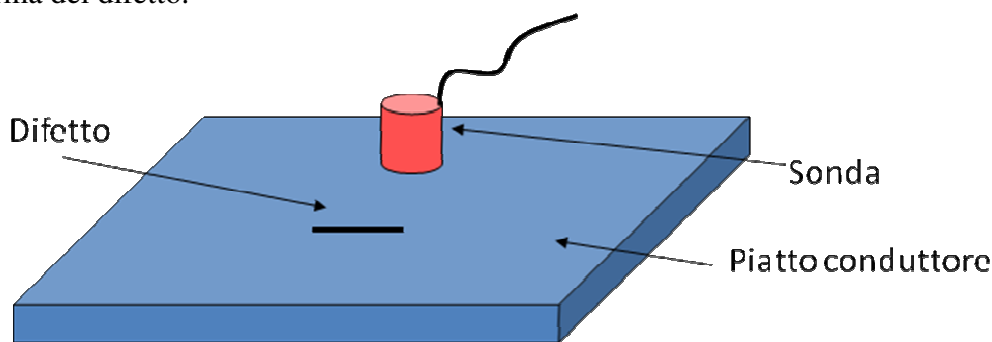


Figura 1. Piatto conduttore da ispezionare con un sensore e un difetto rettangolare.

Questa memoria presenta una applicazione di un modello numerico ad alcuni problemi reali di ispezione in ambito nucleare. In particolare è stata considerata l'ispezione di tubi per la circolazione del vapore che alimenta il generatore elettrico in presenza di difetti con lunghezza dell'ordine dei millimetri. Le configurazioni specifiche, i dati sperimentali ed anche alcune simulazioni numeriche di validazione (modello numerico CIVA) sono stati forniti dal Commissariat à l'Énergie Atomique (CEA) in Saclay (Francia). Configurazioni di questo tipo sono molto importanti e complesse dal punto di vista applicativo.

La possibilità di avere un modello numerico dell'interazione sonda-campione è fondamentale per almeno tre aspetti: (i) simulazione al calcolatore delle performance di una bobina, (ii) progetto di una bobina specifica per un assegnato problema e (iii) la soluzione del problema inverso basato su metodi di inversione. Si noti che le applicazioni (ii) e (iii) richiedono una formulazione numerica che sia poco onerosa dal punto di vista computazionale e fornisca risultati accurati.

Il modello numerico utilizzato in questa memoria, CARIDDI_ECT, è basato su una formulazione integrale del problema a correnti indotte sviluppato dagli autori [1, 2]. In particolare, l'incognita è la perturbazione della densità di corrente elettrica indotta nel conduttore e dovuta alla presenza del/i difetto/i. In questo modo è possibile discretizzare solo una "piccola" regione in un intorno del/i difetto/i. In aggiunta, il modello in questione consente di trattare geometrie arbitrarie, ovvero difetti di qualunque tipo e forma in materiali di forma arbitraria e eventualmente con proprietà che variano nello spazio.

Nella figura 2 sono mostrati i risultati ottenuti per ispezioni di tubi con sonda esterna ai tubi, interna ai tubi, con e senza la piastra di supporto [3]. L'accordo tra dati numerici e sperimentali mostra l'eccellente livello raggiunto dal modello numerico nella valutazione dell'effetto di difetti che hanno dimensioni dell'ordine del millimetro. E' opportuno evidenziare che l'analisi della configurazione che compete all'ispezione in presenza della piastra di supporto, utilizzata per mantenere in posizione i tubi, presenta delle grosse difficoltà sia sperimentali che numeriche.

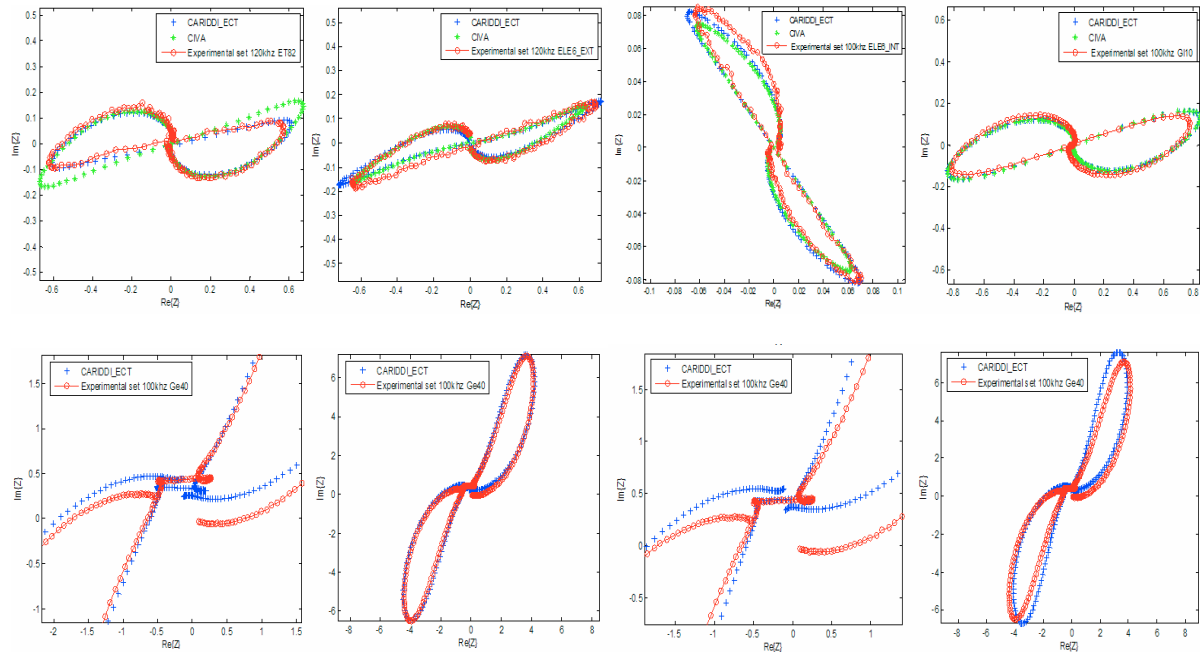


Figura 1. In alto da sinistra a destra: grafici delle impedenze dei benchmark ET82, ELE6_EXT con sonda esterna ai tubi di flusso e ELE6_INT e GI10 con sonda interna ottenuti con CARIDDI_ECT (+), CIVA (*) e infine i risultati sperimentali (o). In basso i risultati derivanti procedura di calibrazione su un tubo di flusso con piatto di supporto. Da sinistra a destra: calibrazione dovuta al segnale del piatto di supporto (vista locale e globale), calibrazione dovuta al segnale del difetto (vista locale e globale). L'esistenza di due diversi accordi nei risultati mostra discrepanze imputabili a lift-off, posizionamento bobine, ecc.

Referenze

- [1] M. Morozov, G. Rubinacci, A. Tamburrino, and S. Ventre, "Numerical Models with Experimental Validation of Volumetric Insulating Defects in Eddy Current Testing", *IEEE Trans. on Magnetics*, vol. 42, no. 5, (2006).
- [2] G. Rubinacci, A. Tamburrino, S. Ventre, "Fast numerical techniques for electromagnetic non destructive evaluation", *Nondestructive Testing and Evaluation*, vol. 24, no. 1&2, (2009).
- [3] C. Reboud, G. Pichenot, D. Prémel, and R. Raillon, "ECT benchmark results: modeling with Civa of 3d flaws responses in planar and cylindrical work pieces", *AIP Conf. Proc.*, vol 1096, Issue 1, (2009).