

ACCELERAZIONE TRAMITE SVD DI FORMULAZIONI INTEGRALI PER LA DIAGNOSTICA NON INVASIVA DEI CONDUTTORI

G. Rubinacci¹, A. Tamburrino², S. Ventre²

¹ Ass EURATOM/ENEA/CREATE, DAEIMI
Università degli Studi di Cassino

² Ass EURATOM/ENEA/CREATE, DIEL
Università degli Studi Federico II di Napoli

I sensori e le tecnologie per le applicazioni NDT attualmente presenti in commercio presentano possibilità limitate nell'interpretazioni dei dati sperimentali. In particolare, usualmente tali sistemi garantiscono la possibilità di rivelare la presenza dei difetti (detection), ma difficilmente ne riescono a determinare la forma e la posizione (imaging). L'analisi dei risultati è spesso affidata a curve di calibrazione e all'abilità di un operatore preposto all'ispezione.

Nella prospettiva di un'interpretazione automatica dei dati è fondamentale un modello numerico che simuli l'interazione tra il sensore e il difetto (problema diretto). In particolare, anche tenuto conto che il problema inverso delle correnti parassite è non lineare e mal-posto, la rapidità e l'accuratezza del modello numerico influenzano il grado di bontà di tutto il sistema di imaging. Gli algoritmi di inversione quantitativi richiedono la soluzione del problema diretto per diverse configurazioni di tentativo del difetto. Utilizzando il teorema di compensazione, la soluzione complessiva può essere ottenuta come somma di un termine perturbativo (soluzione perturbata) dovuto all'effetto prodotto dal difetto sulla misura e della soluzione in assenza dell'anomalia (soluzione imperturbata). In aggiunta, si consideri che la soluzione imperturbata risulta essere necessaria anche per il calcolo del termine perturbativo ([1, 2]).

Il calcolo della soluzione perturbata è efficiente perché ristretto alla zona di investigazione che, tipicamente, è un piccola parte del campione sotto esame. In questo modo si ha che la complessità computazionale e la memoria impegnata sono legate solo al numero di incognite presenti nella zona di investigazione.

Per quanto riguarda la soluzione imperturbata, invece, si osservi che essa richiede la soluzione di un problema di campo esteso a tutto il dominio "illuminato" dalla sonda. In aggiunta, si noti che solo per geometrie canoniche dotate di elevata simmetria è possibile disporre di espressioni (semi)analitiche per il calcolo del campo imperturbato. Ne consegue che, in molte situazioni realistiche, è indispensabile valutare la soluzione imperturbata attraverso un modello numerico e che il relativo calcolo coinvolge un numero anche molto elevato di incognite.

Nell'ambito di una formulazione integrale, il sistema algebrico che nasce dall'implementazione numerica è pieno, pertanto, il costo computazionale richiesto per la sua soluzione è proporzionale al cubo del numero delle incognite. Tutte le tecniche di velocizzazione dell'inversione del risultante sistema pieno usano algoritmi iterativi che sfruttano le peculiarità dell'operatore integrale connesso alla suddetta formulazione. In particolare nelle tecniche SVD/FMM [3], tale operatore è separato in due contributi associati alle interazioni vicine e lontane, rispettivamente. La parte vicina è calcolata in modo esatto, invece la parte lontana presenta una deficienza di rango che può essere sfruttata per la

compressione della matrice stessa, preservando l'accuratezza del calcolo. Entrambi i metodi riescono ad conseguire una complessità computazionale ed una occupazione di memoria proporzionali al numero di incognite. In aggiunta la tecnica SVD si è mostrata più efficiente rispetto alla tecnica FMM quando la mesh agli elementi finiti richiede un tipo di elementi in cui una dimensione è molto maggiore o molto minore rispetto alle altre due.

In Figura 1 è riportato un esempio relativo alla diagnostica dei tubi ad alta pressione nelle centrali nucleari. Nel caso illustrato in Figura 2 il numero di incognite complesse è di 7651. Si è utilizzata la tecnica SVD per il calcolo della soluzione imperturbata: il tempo necessario per il setup del metodo su un PC Core Duo 2.40 GHz 8 GB RAM è risultato pari a 900s, mentre il tempo di calcolo per la soluzione imperturbata è di 30s per ogni singola posizione della sonda.

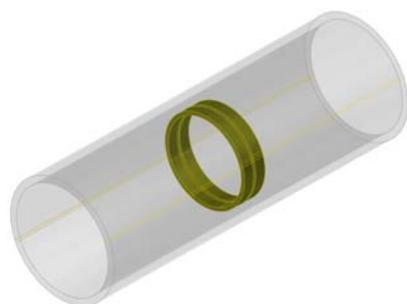


Figura 1a) Vista del tubo da ispezionare

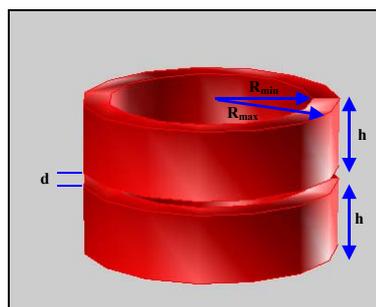


Figura 1b) dettaglio delle bobine di driving e di pickup

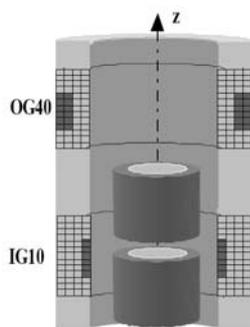


Figura 2a) Il difetto da ispezionare (OG40)

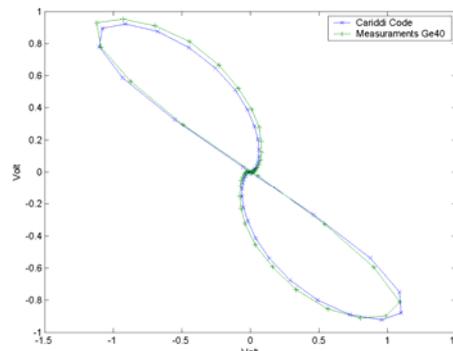


Figura 2b) il confronto con la soluzione sperimentale

Bibliografia

- [1] R. Albanese, G. Rubinacci, A. Tamburrino, F. Villone, "Phenomenological approaches based on an integral formulation for forward and inverse problems in eddy current testing", *Int. J. of Applied Electromagnetics and Mechanics*, Vol. 12, No. 3-4/2000, pp. 115-137
- [2] M. Morozov, G. Rubinacci, A. Tamburrino, and S. Ventre, "Numerical Models with Experimental Validation of Volumetric Insulating Cracks in Eddy Current Testing", *IEEE Trans. on Magnetics*, vol. 42, no. 5, pp. 1568-1576, 2006.
- [3] A. Maffucci, G. Rubinacci, A. Tamburrino, S. Ventre, F. Villone, "Fast Low-Frequency Impedance Extraction using a Volumetric Three-Dimensional Integral Formulation", 23rd Annual Review of Progress in Applied Computational Electromagnetics (ACES 2007), Verona (Italy), pp. 1652-1657, March 19-23, 2007.