

MODELLI D'ISTERESI IMPLEMENTATI IN PROCEDURE ALLE DIFFERENZE FINITE NEL DOMINIO DEL TEMPO

Ermanno Cardelli, Antonio Faba

Università degli Studi di Perugia
Dipartimento di Ingegneria
Via G. Duranti 93, 06125, Perugia

L'unità di Perugia svolge da diversi anni attività di ricerca relativa alla definizione e allo sviluppo di modelli di isteresi magnetica in grado di ricostruire e simulare i processi di magnetizzazione che caratterizzano gli acciai utilizzati per la costruzione delle macchine elettriche. Gli ultimi lavori sono relativi al perfezionamento di un modello generale basato sulla teoria di Preisach che ha caratteristiche tali da poter descrivere fenomeni d'isteresi vettoriale in accordo con le proprietà e i comportamenti tipici dei materiali magnetici [1][2].

La ricerca viene svolta portando avanti tre diversi filoni di attività, il primo di carattere modellistico finalizzato alla definizione analitica del modello, il secondo di tipo sperimentale per la produzione in laboratorio di dati reali raccolti attraverso la misurazione del comportamento magnetico di vari materiali, ed il terzo di tipo numerico per l'identificazione dei parametri analitici del modello.

L'attività di definizione del modello è in questo momento focalizzata sull'individuazione di tecniche chiamate di *moving* per l'utilizzo di *distribuzioni di isteroni* che sono funzioni della magnetizzazione. L'attività sperimentale in laboratorio è arrivata a compimento per quanto riguarda il perfezionamento del sistema si analisi vettoriale dei materiali magnetici. Il sistema messo a punto si basa su di un *RRSST (Round Rotational Single Sheet Tester)* equipaggiato con un *array di sonde di Hall biassiali* per la misura del campo superficiale e con un sistema automatizzato che implementa una procedura di *feed-back* per assicurare la ripetibilità e la riproducibilità dei test. L'identificazione dei parametri del modello è stata ottenuta con successo per alcune tipologie di materiale e all'intero di determinati range di magnetizzazione utilizzando tecniche di ottimizzazione basate su algoritmi genetici [3]. Questi risultati non sono del tutto generali, ed in particolare per materiali con forti anisotropie sono necessari ulteriori studi che si stanno portando avanti anche in collaborazione con altre unità.

Lo sviluppo di questi modelli è finalizzato al completamento degli strumenti numerici a disposizione per la simulazione di macchine e componenti che utilizzano nuclei ferromagnetici. Tali strumenti sono in genere costituiti da procedure numeriche agli elementi finiti FEM o alle differenze finite FD che sono state sviluppate e perfezionate negli anni restando però ancora incompleti dal punto di vista della trattazione dell'isteresi, in particolare quella vettoriale, che spesso viene erroneamente ipotizzata trascurabile sostituendola con curve di prima magnetizzazione utilizzabili con buona approssimazione solo in pochi casi.

L'unità di Perugia è attiva nell'utilizzo dei modelli di isteresi messi a punto all'interno di schemi numerici, in particolare alle differenze finite nel dominio del tempo FDTD per la risoluzione di problemi in cui lo stato di magnetizzazione dei nuclei ferromagnetici presenti non è trascurabile. Una di queste problematiche è rappresentata sicuramente dalla predizione e dal controllo delle correnti di inserzione dei trasformatori [4][5]. Il fenomeno si verifica all'inserzione in rete di un grosso carico induttivo come può esserlo un trasformatore, lo stato di magnetizzazione del nucleo il suo comportamento non lineare e l'entità delle correnti indotte al suo interno possono produrre sovracorrenti di inserzione decine di volte superiori ai valori nominali della macchina che costringono al rilassamento dei livelli di protezione

dell'impianto elettrico per scongiurare distacchi continui. Il controllo di questo fenomeno può permettere di effettuare l'inserimento in rete in istanti prestabiliti rispetto alla forma d'onda della tensione di rete e favorevoli per la limitazione delle correnti. La simulazione di questo fenomeno è stato messo a punto per un trasformatore di prova utilizzando uno schema FDTD basato sull'equazione della diffusione e sul modello d'isteresi sviluppato dall'unità. In figura 1 sono riportati gli ultimi risultati ottenuti, i due grafici in alto mettono in evidenza l'accuratezza nella predizione in un caso di una sovracorrente (istante di inserzione non ottimale) e nell'altro nel caso di una corrente entro i limiti nominali (istante di inserzione ottimale). Il grafico in basso a sinistra mostra la comparazione tra dati simulati e sperimentali di sovracorrenti per diversi istanti di accensione con l'indicazione netta degli istanti ottimali. In fine la figura in basso a destra mostra come il profilo delle sovracorrenti si modifica in funzione dell'induzione residua del nucleo ferromagnetico.

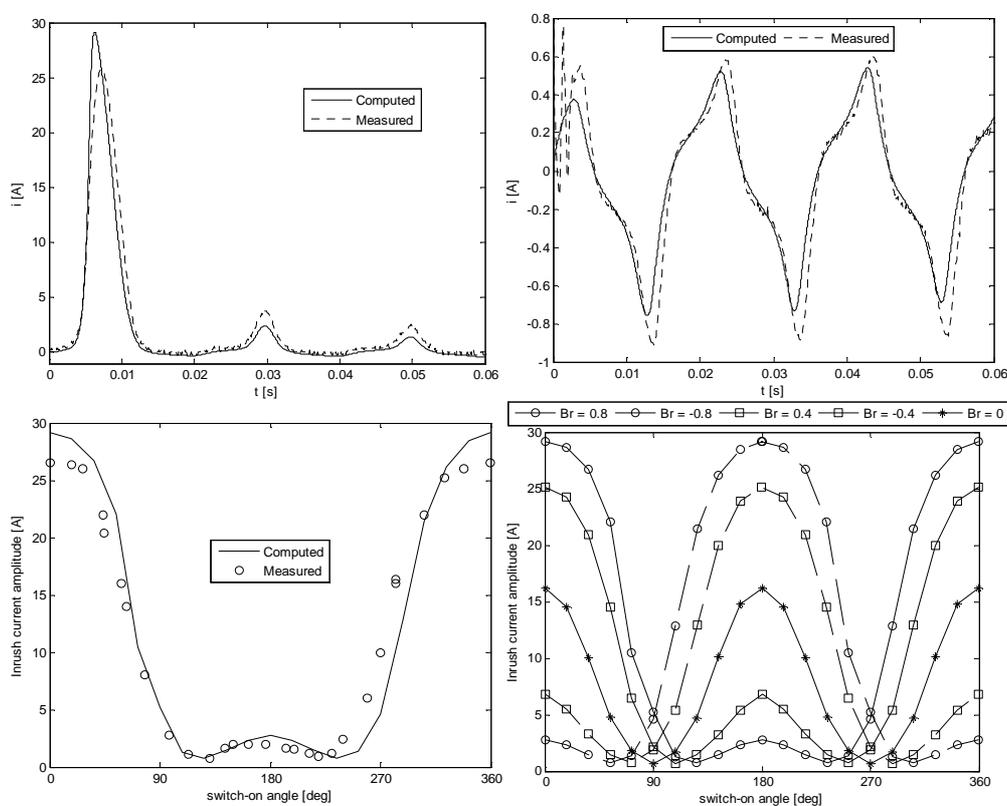


Figura 1: Predizione di fenomeni di sovracorrente dovuti all'inserzione in rete di trasformatori.

Bibliografia

- [1] E. Cardelli, A. Faba, " A Benchmark Problem of Vector Magnetic Hysteresis for Numerical Models", IEEE Transactions on Magnetics, VOL. 50, NO. 2, 2014.
- [2] E. Cardelli, A. Faba, "Numerical two-dimensional modeling of grain oriented steel", Journal of Applied Physics 115, Article number 17A327, 2014.
- [3] E. Cardelli, A. Faba, "Genetic algorithm identification of a H-moving vector hysteresis model", Physica B: Condensed Matter, Vol. 435, p. 11–15, 2014.
- [4] E. Cardelli, A. Faba, "Numerical modeling of transformer inrush currents", Physica B: Condensed Matter, Vol. 435, p. 116–119, February 2014.
- [5] E. Cardelli, E. Della Torre, V. Esposito, A. Faba, "Theoretical Considerations of Magnetic Hysteresis and Transformer Inrush Current", IEEE Transaction on Magnetics, VOL. 45, NO. 11, Pages: 5247-5250, November 2009.