

MODELLI DI MAGNETOSTRIZIONE A CARICO MECCANICO VARIABILE

D. Davino (1), A. Giustiniani (2), C. Visone (1)

(1) Università del Sannio, Dip. di Ingegneria, Piazza Roma 21, Benevento

(2) Università di Salerno, D.I.I.I.E.-Via Ponte Don Mellillo, Fisciano (SA)

In questo lavoro viene presentato un nuovo modello fenomenologico atto a descrivere l'isteresi magnetostrittiva in presenza di variazioni del carico meccanico applicato.

I materiali a magnetostrizione gigante, se da un lato presentano caratteristiche molto interessanti per scopi di attuazione [1] (elevata densità di energia, elevate deformazioni, risposta veloce) presentano fenomeni non lineari di tipo isteretico che rappresentano una sfida sia per il controllo che per la soluzione di problemi numerici.

Negli ultimi anni, si sono compiuti notevoli sforzi nello sviluppo di tecniche di compensazione dell'isteresi e nella loro implementazione in applicazioni *real time*, utilizzando in genere modelli "Preisach-like" con un solo ingresso [2,3,4].

In applicazioni, come la soppressione attiva delle vibrazioni di strutture, dove sono presenti notevoli variazioni del carico meccanico cui è sottoposto l'attuatore magnetostrittivo, non si può prescindere dal considerare, e quindi modellare, anche l'effetto dello *stress* sulla caratteristica magnetoelastica isteretica (Fig.1).

In passato sono stati proposti alcuni modelli di isteresi che tengono conto del carico o dello stress come secondo ingresso, ma presentano alcuni inconvenienti, quali complessità, difficile procedura d'identificazione, elevato onere computazionale, tutti aspetti che ne limitano l'utilizzo in applicazioni *real time* [5,6,7]. Per ovviare a tali limiti, di recente è stato proposto un modello che tiene conto dell'effetto dello stress, assumendolo come parametro che influenza la funzione di distribuzione, ma non lo stato dell'operatore con isteresi [8].

Il nuovo modello, qui proposto, considera lo stress a tutti gli effetti come ingresso, nel senso che tale ingresso modifica direttamente lo stato dell'operatore con isteresi, fondando la sua formulazione sul concetto di corrente 'efficace'. Tale modello ha la seguente espressione:

$$\varepsilon = \Gamma[\bar{i}] \quad \text{con } \bar{i} = f(i(t), T(t))$$

dove ε è la variabile di uscita (lo spostamento), Γ è un classico modello di Preisach, $i(t)$ è la corrente reale ingresso al modello, $T(t)$ è il carico, f è la funzione senza memoria che definisce la corrente efficace $\bar{i}$.

La procedura d'identificazione del modello consta di due passi:

- 1) Identificazione di Γ per un carico $T=T_0$ di riferimento (cui corrisponde il massimo spostamento) mediante le curve d'inversione al primo ordine (FOR).
- 2) Determinazione della f (funzione senza memoria) per un carico $T \neq T_0$ mediante l'utilizzo del ramo ascendente (o discendente) dei cicli limite a carico T (curve definite da uno stato iniziale noto).

Tale procedura è stata realizzata mediante l'impiego dei rami d'isteresi (chiamati rami d'inversione del primo ordine) riportate in Fig. 1, con carico di riferimento a 50N, e i cicli limite a differenti valori del carico (alcuni di essi riportati sempre in Fig.1). Per i rilievi sperimentali è stato utilizzato il setup riportato in Fig.2, costituito (come strumentazione principale) da un attuatore magnetostrittivo custom, un sensore di spostamento ad eddy current, una macchina trazione-compressione e da una cella di carico.

In Fig. 3 viene riportata la superficie delle correnti efficaci identificate secondo la metodologia proposta. È da notare che per $T=50\text{N}$ (valore d'identificazione di Γ) la curva relativa è una retta a pendenza unitaria.

Infine, in Fig.4 viene riportato un test a carico variabile (nell'inserto il suo profilo temporale) in cui vengono confrontati il modello qui proposto ed un classico modello di Preisach scalare che non tiene in conto gli effetti del carico essendo identificato a carico costante. Come si può vedere, il modello proposto presenta una maggiore accuratezza nel predire il comportamento reale (curva in rosso di Fig.4) dell'attuatore magnetostrittivo in esame.

Fig. 1: curve di magnetostrizione a carico meccanico variabile.

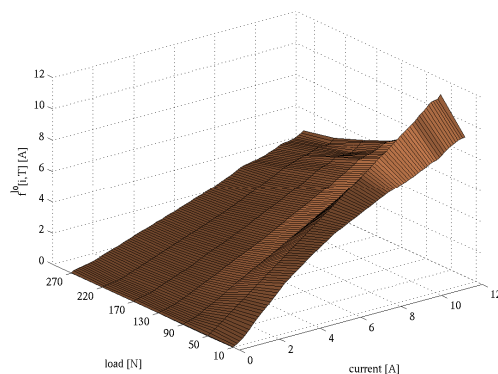
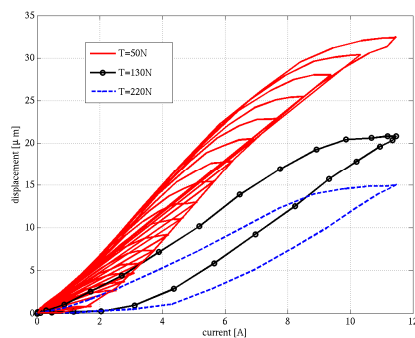


Fig. 3: correnti efficaci a carico meccanico variabile.

Fig. 2: setup sperimentale utilizzato per la caratterizzazione magneto-elastica dell'attuatore.

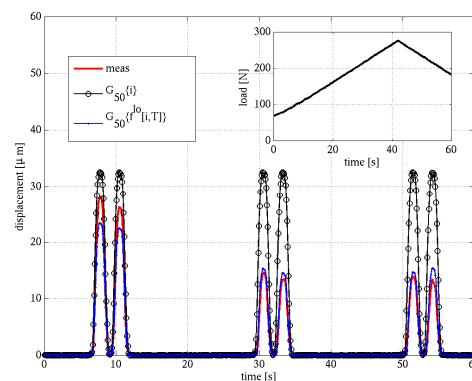
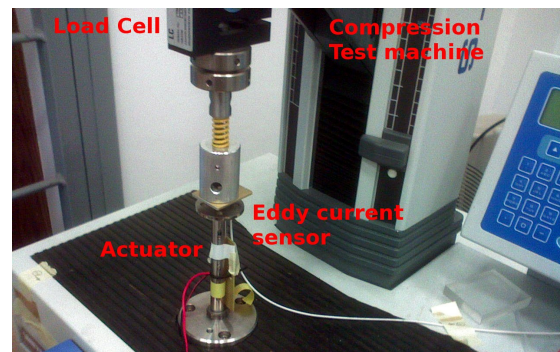


Fig. 4: confronto tra la misura a carico variabile (rosso), il nuovo modello (blu) e il modello a stress costante (nero).

Bibliografia

- [1] G. Engdahl, Handbook of Giant Magnetostrictive Materials, Academic Press, San Diego, (1999).
- [2] A. Cavallo, C. Natale, S. Pirozzi, C. Visone, IEEE Trans. On Magnetics, vol. 39, 3 (2003).
- [3] D. Davino, C. Natale, S. Pirozzi, C. Visone, J. Mag. and Mag. Mat., vol.290-291, (2005).
- [4] D. Davino, A. Giustiniani, V. Vacca, C. Visone, IEEE Trans. On Magnetics, vol.42, 10 (2006)
- [5] I. D. Mayergoyz, Mathematical Models of Hysteresis, Springer (1991).
- [6] A. A. Adly, I. D. Mayergoyz, A. Bergqvist, J. Appl. Phys., Vol 69, 8 (1991).
- [7] A. Bergqvist, G. Engdahl, IEEE Trans on Magnetics , vol. 27, 6 (1991)
- [8] A. Cavallo, D. Davino, G. De Maria, C. Natale, S. Pirozzi, C.Visone, Physica B, 403 (2008).