

# COMPENSAZIONE E CONTROLLO “REAL-TIME” DI ATTUATORI MAGNETOSTRITTIVI

*Daniele Davino(1), Alessandro Giustiniani(2), Ciro Visone(1)*

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

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

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), dall'altro, presentano fenomeni non lineari e di memoria che complicano notevolmente il controllo e la loro modellazione. Inoltre, il carico meccanico applicato al materiale agisce come ulteriore variabile di ingresso, oltre al campo magnetico, modificando la caratteristica costitutiva e rendendo il materiale magneticamente più duro.

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 [2,3,4,5]. In applicazioni, come la soppressione attiva delle vibrazioni, dove sono presenti notevoli variazioni del carico meccanico applicato, non si può prescindere dal considerare, e quindi modellare, anche l'effetto dello stress sulla caratteristica magnetoelastica in esame.

In passato sono stati proposti alcuni modelli di isteresi che tengono conto del carico meccanico come secondo ingresso, ma presentano alcuni inconvenienti, quali complessità, difficile procedura d'identificazione, elevato onere computazionale, che ne limitano l'utilizzo in applicazioni real-time [6,7]. Per ovviare a tali limiti, di recente è stato proposto un modello fenomenologico in grado di descrivere gli effetti dello stress sul comportamento del materiale stesso. In particolare viene definita una funzione non lineare delle variabili stress e corrente, che può essere intesa come un campo efficace generalizzato, [8]. Questo modello, sotto opportune ipotesi di lavoro, si presta a essere invertito per poter agire in uno schema di controllo e compensare l'isteresi e le non linearità dell'attuatore vero e proprio. L'algoritmo di compensazione proposto si basa su una semplice ispezione della matrice che contiene i campioni dell'identificazione e richiede solo tre interpolazioni lineari [9] e nessuna procedura iterativa. L'algoritmo adotta lo stesso formalismo dell'algoritmo di Preisach ed ha tempi di esecuzione comparabili.

Nella nostra applicazione, come mostrato schematicamente in Fig.1, il sistema è costituito dalla cascata amplificatore di corrente – attuatore magnetostrittivo ed il segnale di uscita (deformazione) è misurato da un sensore di prossimità. Una cella di carico misura il carico meccanico compressivo applicato da una macchina trazione-compressione. Il controllore e l'algoritmo di compensazione sono stati implementati in un calcolatore mediante Xpctarget di Matlab. Pertanto, il calcolatore, dotato di una scheda di acquisizione/generazione e di processore Pentium IV, agisce da controllore in “real-time” con tempi di campionamento di decine di microsecondi.

Come mostrato nelle Fig.2 e 3, il controllo a ciclo chiuso che impiega il compensatore migliora le prestazioni nell'inseguimento del riferimento.

In particolare, scegliendo segnali di riferimento piuttosto complessi, come “ $\sin(t)/t$ ”, e con consistenti variazioni temporali del carico meccanico, si osserva una riduzione dell'errore fino al 50% rispetto a un controllore tipo proporzionale-integrale (PI). Tali risultati sembrano molto incoraggianti in una prospettiva di applicazioni realistiche di tali dispositivi.

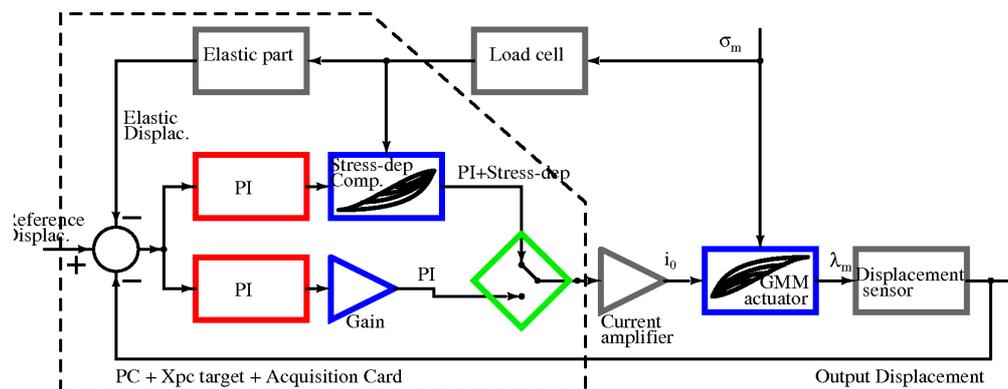


Fig.1: schema di controllo dell'attuatore magnetostrittivo in cui è possibile selezionare un semplice controllore proporzionale-integrale (PI) oppure il PI+compensatore.

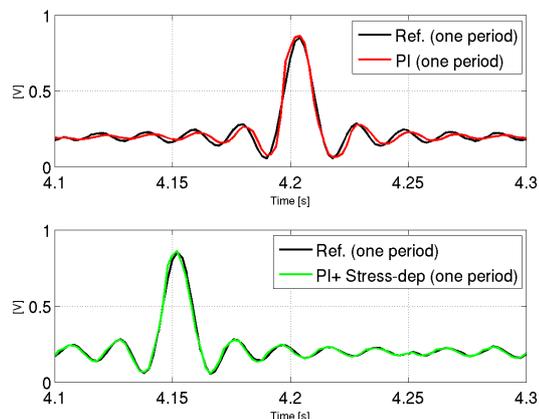
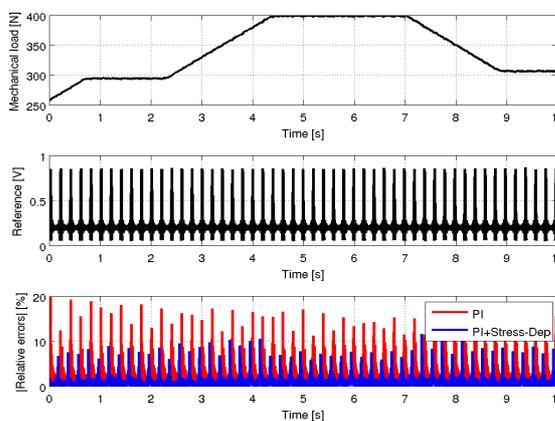


Fig.2: segnali sperimentali per un riferimento tipo “sin(t)/t” e carico meccanico variabile. Fig.3: dettaglio di un periodo del “tracking” di un riferimento tipo “sin(t)/t”. L'errore si riduce del 50% (curva blu).

## Bibliografia

- [1] G. Engdahl (ed.), Handbook of Giant Magnetostrictive Materials, Academic Press, 2000.
- [2] C. Natale, F. Velardi, C. Visone, Identification and compensation of Preisach hysteresis models for magnetostrictive actuators, Physica B, vol.306, pp. 161–165, 2001.
- [3] K. Kuhnen, European Journal of Control, vol.9(4), 2003, pp. 407-418.
- [4] A. Cavallo, C. Natale, S. Pirozzi, C. Visone, Effects of Hysteresis Compensation Feedback Control Systems IEEE Trans. on Mag., vol. 39, pp. 1389–1392, 2003.
- [5] D. Davino, A. Giustiniani, V. Vacca, C. Visone, IEEE Trans. on Mag., vol.42, 10 (2006).
- [6] A. A. Adly, I. D. Mayergoyz, A. Bergqvist, Preisach modeling of magnetostrictive hysteresis, J. Appl. Phys., vol. 69, no. 8, 1991
- [7] A. Bergqvist, G. Engdahl, IEEE Trans on Magnetics , vol. 27, 6 (1991)
- [8] D. Davino, A. Giustiniani, C. Visone, Experimental properties of an efficient stress-dependent magnetostriction model, J. of Appl. Phys. 105, 07D512 (2009).
- [9] D. Davino, A. Giustiniani, C. Visone, Design and Test of a Stress-Dependent Compensator for Magnetostrictive Actuators, IEEE Trans. on Mag., vol.46, 2 (2010).