

SVILUPPO DI UN DISPOSITIVO PER IL RECUPERO DI ENERGIA DALLE VIBRAZIONI

C. S. Clemente¹, D. Davino¹, C. Visone¹

¹ Università degli Studi del Sannio, Dipartimento di Ingegneria, Piazza Roma 21, Benevento.

Parole chiave: *Energy Harvesting, Monitoraggio Strutturale, Materiali magnetostrittivi*

La notevole presenza di dispositivi elettronici portatili a basso consumo richiede spesso una fonte di energia elettrica anche dove non è presente, per motivi tecnici ed economici, la rete di distribuzione. Ad esempio, le Reti di Sensori Wireless (WSN) per il monitoraggio strutturale hanno questa esigenza, quando sono impiegate per controllare lo “stato di salute” di edifici ed infrastrutture presenti in zone remote misurando alcuni parametri ambientali d'interesse [1].

L' *Energy Harvesting*, ossia il recupero di piccole quantità di energia presenti nell'ambiente che altrimenti andrebbero perse, potrebbe essere una soluzione al problema della costosa gestione di questi dispositivi se alimentati con tecniche tradizionali (via cavo, batteria, fotovoltaico, ecc.). Utilizzando i materiali magnetostrittivi, come il Galfenol, è possibile recuperare energia dalle vibrazioni presenti nelle strutture stesse attraverso l'uso dell' *Effetto Villari* e della *legge di Faraday*. I materiali magnetostrittivi (o magneto-elastici) sono leghe di Ferro, spesso contenenti terre rare, che hanno la caratteristica di accoppiare grandezze meccaniche con grandezze magnetiche. Un dispositivo basato su materiale magneto-elastico può essere assimilato ad un doppio-bipolo e può essere utilizzato sia come attuatore sia come sensore, oppure per conversione di energia (Energy Harvesting).

Siccome le caratteristiche dei magnetostrittivi sono non lineari e con isteresi, un modello matematico che esprima il legame tra le grandezze meccaniche e quelle magnetiche è più che necessario quando si intende progettare un dispositivo di Energy Harvesting. I modelli lineari proposti in letteratura non sono sufficienti a descrivere il comportamento magneto-meccanico del materiale magneto-elastico, di conseguenza è necessario individuare un modello fenomenologico non lineare [2].

Per il Galfenol con trattamento di *Stress Annealing* e del modello non lineare del Terfenol-D presente in letteratura [3], è stato proposto il seguente modello fenomenologico che è coerente dal punto di vista termodinamico [4]:

$$M = \frac{\alpha \cdot z}{\beta + z^4} + M_s \cdot \tanh(z)$$

dove M è la polarizzazione magnetica del materiale, $f(T) = \gamma \cdot (T+T_0)$, $z = \frac{H}{f(T)} = \frac{H}{\gamma \cdot (T+T_0)}$ ed α , β e γ sono i parametri del modello. Si noti che per il Galfenol è possibile trascurare l'isteresi, come si evince dalla Figura 2b.

Una volta identificati i parametri del modello, attraverso un confronto con i dati sperimentali, è possibile ottenere, a seguito di alcune ipotesi ed analogie fisiche, un modello circuitale elettrico equivalente del dispositivo di Energy Harvesting con Galfenol SA. Quest'ultimo è un doppio bipolo non lineare. In Figura 1 è mostrato il confronto tra i dati sperimentali della caratteristica magnetica ed il modello proposto, mentre in Figura 2a e 2b è possibile confrontare i dati sperimentali e quelli simulati della caratteristica magnetostrittiva.

Infine, è stato possibile effettuare delle simulazioni di ottimizzazione di Harvesting da cui si evince la necessità di progettare in maniera opportuna il dispositivo in modo tale da massimizzare la potenza elettrica convertita e resa al carico, ad esempio con un circuito elettronico di “accoppiamento” del dispositivo col carico.

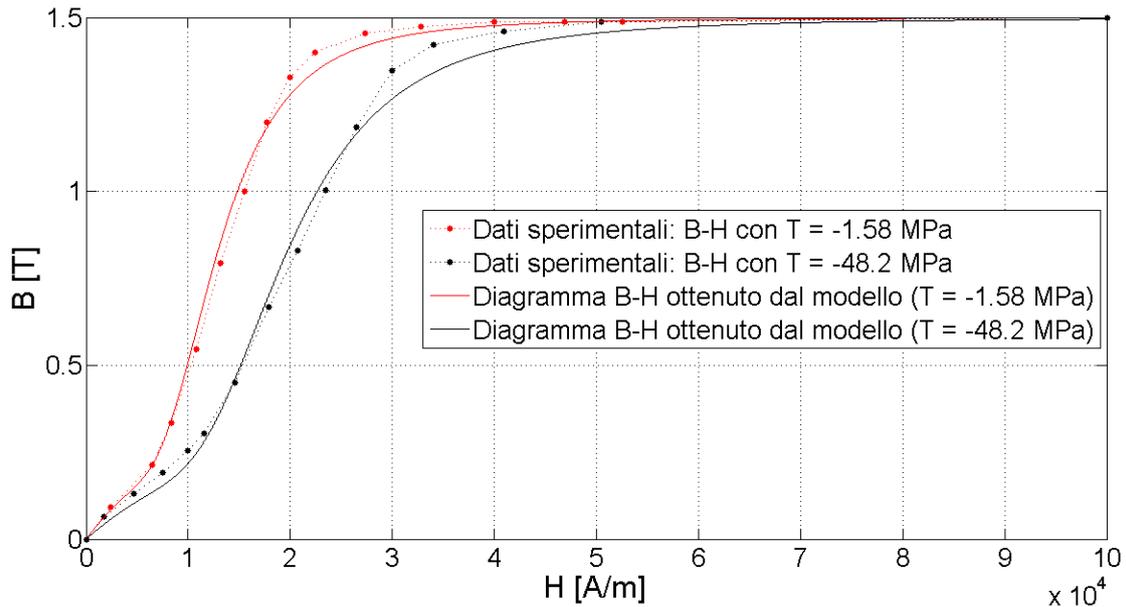


Figura 1. Confronto tra i dati sperimentali e le curve ottenute dalle simulazioni del modello non lineare proposto per il Galfenol SA.

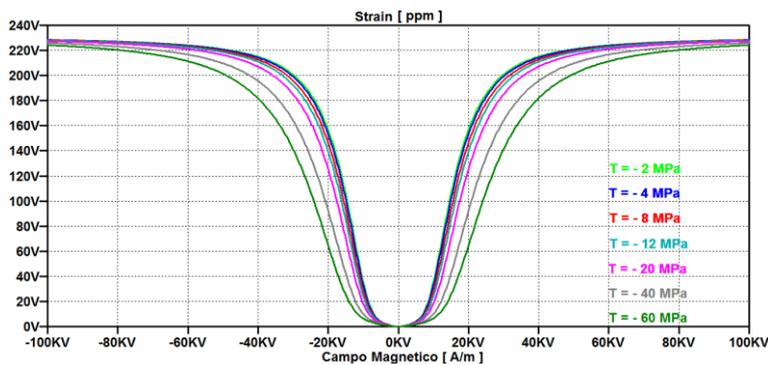


Figura 2a. S [$V \leftrightarrow \text{ppm}$] vs. H [$V \leftrightarrow \text{A/m}$] al variare di T [MPa].

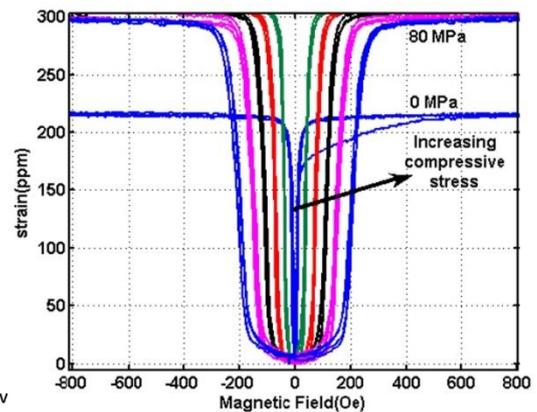


Figura 2b. Andamento sperimentale di S in funzione di H al variare di T [5].

Figura 2. Confronto tra la simulazione (sinistra) e le curve sperimentali (destra) della caratteristica meccanica del Galfenol SA.

BIBLIOGRAFIA

- [1] D. Davino, A. Giustiniani, C. Visone. "Vibration energy harvesting devices based on magnetostrictive materials", *Bridge Maintenance, Safety, Management, Resilience and Sustainability*, Ed. Biondini & Frangopol, Taylor & Francis Group, London, ISBN 978-0-415-62124-3, 2012, pp. 1511 ss.
- [2] D. Davino, A. Giustiniani, C. Visone. "Magnetoelastic Energy Harvesting: Modeling and Experiments", *Smart Actuation and Sensing Systems - Recent Advances and Future Challenges*, Dr. Giovanni Berselli (Ed.), 2012, ISBN: 978-953-51-0798-9, InTech.
- [3] D. Davino, A. Giustiniani, C. Visone. "A Two-Port Nonlinear Model for Magnetoelastic Energy-Harvesting Devices", *IEEE TRANSACTIONS ON INDUSTRIAL ELECTRONICS*, vol. 58, n. 6, Giugno 2011, pp. 2556 ss.
- [4] C. S. Clemente. "Sviluppo di un dispositivo per il recupero di energia dalle vibrazioni", *Tesi di Laurea Magistrale in Ingegneria Energetica*, Facoltà di Ingegneria, Università degli Studi del Sannio, Maggio 2014.
- [5] J. Atulasimha, A. B. Flatau. "A review of magnetostrictive iron gallium alloys", *IOP PUBLISHING - SMART MATERIALS AND STRUCTURES*, 8 Marzo 2011.