

# VERIFICA SPERIMENTALE DI UN DISPOSITIVO MAGNETOSTRITTIVO PER L'ENERGY HARVESTING

*Amr Adly (1), Daniele Davino(2), Alessandro Giustiniani(3), Ciro Visone(2)*

(1) Università del Cairo, Department of Electric Power and Machines, Giza 12211, Egitto

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

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

L'ambiente che ci circonda costituisce una fonte di energia meccanica di tipo vibrazionale grazie all'azione delle macchine prodotte dall'uomo (macchinari elettrici, veicoli, treni, ecc.ecc.). Quest'energia può essere recuperata (energy harvesting) per migliorare il rendimento dei veicoli stessi oppure per consentire l'alimentazione efficiente di quei dispositivi, quali le reti di sensori wireless o i dispositivi mems, che altrimenti necessiterebbero di batterie dai costi di produzione, manutenzione e smaltimento elevati.

Uno dei metodi utilizzabili per recuperare quest'energia può basarsi sull'accoppiamento inverso tra variabili magnetiche e meccaniche (effetto Villari) mostrato dai materiali magnetostrittivi e sull'induzione magnetica indotta in un avvolgimento che circonda il materiale attivo sottoposto alle vibrazioni meccaniche.

D'altra parte, la progettazione accurata dei dispositivi basati su questi materiali necessita di una profonda conoscenza delle caratteristiche dei materiali, che legano le variabili meccaniche a quelle magnetiche [1]. Nella letteratura scientifica recente si trovano modelli lineari sia per i piezoelettrici [2] sia per i magnetostrittivi dove si effettuano analisi elettromagnetiche per includere, ad esempio, l'effetto delle correnti parassite. L'ipotesi di accoppiamento magnetomeccanico lineare [3] permette una semplice comprensione del fenomeno di conversione e la creazione di semplici circuiti elettrici equivalenti, analoghi a doppi bipoli lineari, dove si può effettuare una prima ottimizzazione dell'interfaccia con il circuito elettrico esterno.

Sfortunatamente un modello lineare trascura una serie di fenomeni [2] come la saturazione magnetica del materiale o la dipendenza dei coefficienti di accoppiamento dal carico meccanico applicato [4,5].

Allo scopo di approfondire la conoscenza di tali comportamenti, sono stati effettuati dei test sperimentali di laboratorio su un dispositivo di principio e si è ottenuto l'andamento della potenza elettrica prodotta rispetto alla : frequenza della vibrazioni, al campo magnetico di bias, al prestress meccanico ed al carico elettrico [6].

In fig.1 è mostrato il dispositivo utilizzato per simulare l'effetto delle vibrazioni su una barretta di terfenol-d ( $l=18\text{mm}$ ,  $S=9\text{mm}^2$ ) con un avvolgimento di 800 spire. La forza applicata comprime il materiale ed è misurata con una cella di carico. Il campo magnetico di bias è applicato mediante un avvolgimento alimentato da un generatore di corrente. Il pre-carico meccanico applicabile è nell'intervallo 8-52MPa, mentre la forza massima applicabile è circa 300N.

I risultati ottenuti, mostrati nelle Fig.2-4, confermano la complessità dei fenomeni in gioco e la necessità di una modellazione accurata in modo da ottenere incrementi della potenza elettrica trasformata anche del 400% rispetto alle variabili di controllo. Infatti, la scelta accurata del pre-carico meccanico e del bias magnetico, nonché del carico elettrico, ha un effetto rilevante sulla potenza trasformata.

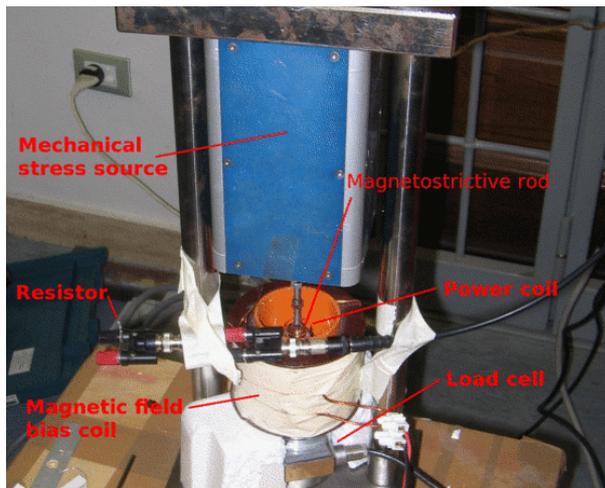


Fig.1: apparato sperimentale per l'energy harvesting.

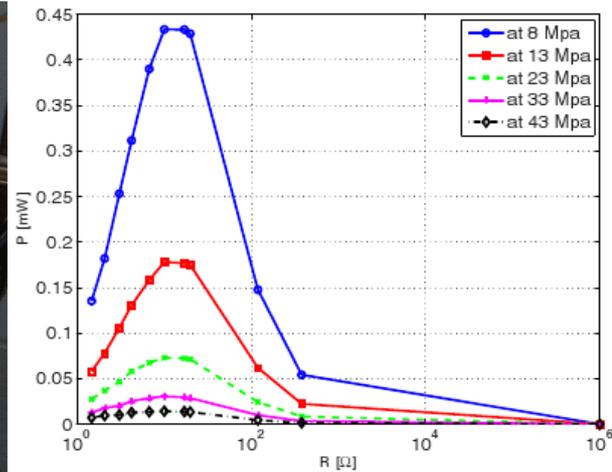


Fig.2: potenza convertita al variare del prestress meccanico e del carico elettrico.

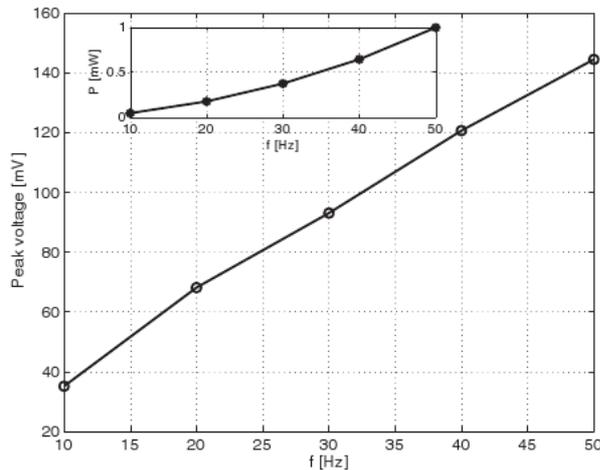


Fig.3: tensione di picco e potenza media al variare della frequenza (prestress 13MPa,  $H_{bias}=18\text{kA/m}$ ,  $R=4.1\text{ Ohm}$ ,  $\Delta F=300\text{N}$ ).

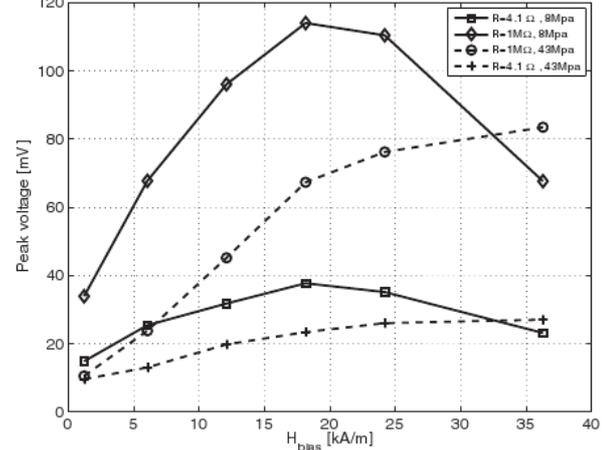


Fig.4: tensione di picco con differenti carichi elettrici e prestress meccanici al variare del bias magnetico ( $f=10\text{Hz}$ ,  $\Delta F=300\text{N}$ ).

## Referenze

- [1] A. Erturk, D. J. Inman, Issues in mathematical modeling of piezoelectric energy harvesters, *Smart Mater. Struct.* 17 (2008) 065016 (14pp).
- [2] K. Nakano, S.J. Elliott and E. Rustighi, A unified approach to optimal conditions of power harvesting using electromagnetic and piezoelectric transducers, *Smart Mater. Struct.* 16 (2007) 948-958.
- [3] X. Zhao e D.G. Lord, Application of the Villari effect to electric power harvesting, *Journal of Applied Physics*, vol. 99, 08M703, 2006.
- [4] D.Davino, A.Giustiniani, C.Visone, Analysis of a magnetostrictive power harvesting device with hysteretic characteristics, *Journal of Appl Phys* 105, 07A939 (2009).
- [5] D.Davino, A.Giustiniani, C.Visone, Capacitive load effects on a magnetostrictive fully coupled energy harvesting device, accettato per pubblicazione su *IEEE Trans on Mag* (2009).
- [6] A.Adly, D.Davino, A.Giustiniani, C.Visone, Experimental tests of a magnetostrictive energy harvesting device toward its modeling, *J. of Applied Physics* 107, 09A935 (2010).