

# ANALISI MAGNETOMECHANICA DI UN DISPOSITIVO ENERGY HARVESTING A CANTILEVER

V. Apicella, C. S. Clemente, D. Davino, D. Leone, C. Visone

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

La richiesta di sensori o reti di sensori wireless (WSN), autonomi dal punto di vista energetico, cioè alimentati senza l'impiego di cablaggi o batterie, ha attirato l'interesse della ricerca tecnologica tanto che lo sviluppo di dispositivi in grado di trasformare l'energia ambientale (luce, calore, vibrazioni) in energia elettrica, più facilmente utilizzabile, ha ricevuto un notevole impulso nell'ultimo decennio. Una delle tecnologie maggiormente utilizzate è basata sulla conversione dell'energia cinetica da vibrazione ambientale in energia elettrica e nota come KEH (Kinetic Energy Harvester). Essa consente di immaginare sensori o WSN autoalimentati in grado di operare efficacemente in ambienti "harsh" o difficilmente raggiungibili da un operatore umano per le manutenzioni ordinarie, secondo il paradigma del "fix and forget", come ad esempio nel monitoraggio strutturale delle strutture civili, nelle applicazioni automobilistiche e ferroviarie.

Una tipica configurazione KEH è rappresentata dalla configurazione a cantilever [2]. Quella in fase di sviluppo presso il laboratorio Labirinti dell'Università del Sannio è basata su una lega Fe-Ga (Galfenol), dalle interessanti proprietà meccaniche e magnetostrittive [3].

Sono state provate varie configurazioni di KEH a cantilever composte da una o più strisce di Fe-Ga su una lamina di Al. Questi prototipi sono stati sviluppati e testati attraverso l'analisi della potenza RMS convertita rispetto alla frequenza al fine di rilevare i parametri geometrici e fisici che influenzano la frequenza di risonanza e la potenza convertita dall'effetto Villari, [2]. Il cantilever analizzato è stato realizzato unendo due strisce di Galfenol da 120x15x0,3 mm ad una lamina di alluminio 120x20x2 mm. Quest'ultima garantisce una migliore resistenza meccanica ai carichi ciclici e fornisce una maggiore rigidezza producendo un aumento della frequenza di risonanza. Il dispositivo è stato equipaggiato con una bobina da 300 spire. I test sperimentali sono stati eseguiti con uno shaker elettrodinamico (Fig. 1a) nell'intervallo di frequenza 50-200 Hz con accelerazione sinusoidale di ampiezza 1-4 g e chiudendo il circuito elettrico con un carico resistivo, [4]. L'influenza del carico resistivo sulla potenza elettrica è mostrato in Fig. 1b).

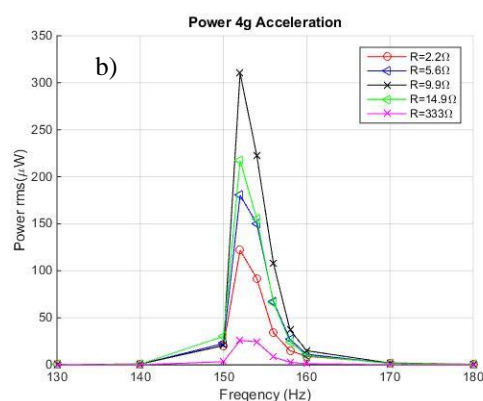
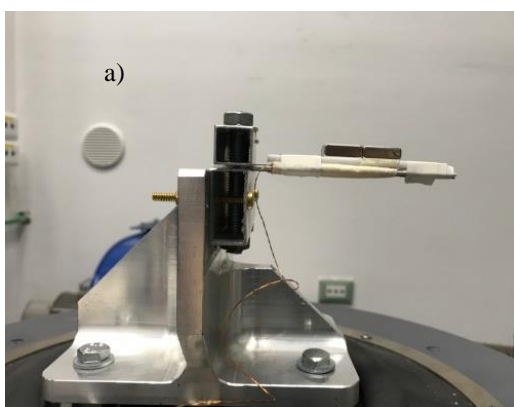


Figura 1. a) KEH a cantilever collegato allo shaker. b) Potenza RMS vs. frequenza, senza bias magnetic per differenti carichi elettrici

Il massimo valore di potenza ottenuto è pari a  $305\mu\text{W}$  con un carico di  $9,9\ \Omega$ . Al fine di ottenere una maggiore potenza è stato aggiunto un gruppo di magneti permanenti che forniscono il necessario bias magnetico [6]. Il campo generato da due magneti è stato misurato ed è pari a  $43\ \text{kA/m}$  sulla striscia superiore fino a  $3\ \text{kA/m}$  sulla striscia inferiore. In Fig. 2a) viene mostrato l'effetto del bias magnetico sulla potenza convertita RMS. Considerando l'importanza del bias, i test sono stati effettuati variando il numero di magneti (figura 2b). In questo caso è stato importante valutare la posizione del magnete sul cantilever che influenza sia la frequenza di risonanza che l'accoppiamento magneto-elastico [7].

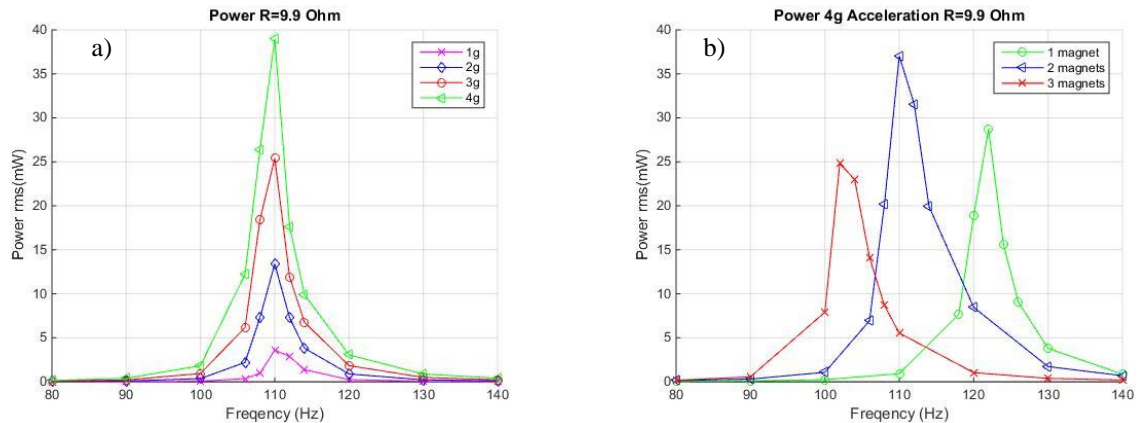


Figura 2. a) Potenza RMS con bias magnetico generato da 2magneti Nd-Fe-B. b) Potenza RMS con bias magnetico generato da 1-2-3 magneti.

Dalle analisi effettuate si può notare che la geometria a cantilever influenza il comportamento generale della conversione di potenza, sia in termini di picco RMS e "larghezza di banda". Inoltre, la scelta del carico elettrico e la polarizzazione magnetica sono fondamentali per la progettazione di un dispositivo ottimizzato.

## References

- [1] S. P. Beeby, M. J. Tudor, N. M. White. Energy harvesting vibration sources for micro-systems applications. *Measurement Science and Technology*, 2006, 17(12):175-195.
- [2] G. Engdahl, *Handbook of Giant Magnetostrictive Materials*, Academic Press.
- [3] J. H. Yoo, A. B. Flatau, A bending mode galferol electric power harvester- *Journal of Intelligent Material Systems and Structures* 23(6) 647–654.
- [4] S. Cao, J. Zheng, Y. Guo, Q. Li, J. Sang, B. Wang, and R. Yan, Dynamic Characteristics of Galferol Cantilever Energy Harvester- *IEEE Transactions On Magnetics*, Vol. 51, No. 3, March 2015.
- [5] T. Ueno and S. Yamada, Performance of Energy Harvester Using Iron–Gallium Alloy in Free Vibration - *IEEE Transactions On Magnetics*, Vol. 47, No. 10, October 2011.
- [6] Z. Deng and M. J. Dapino, Modeling and design of Galferol unimorph energy harvesters - *Smart Materials and Structures*, Volume 24, Number 12.