

Simulazione del funzionamento di attuatori/sensori elettromagnetici

Emilio Sardini

Dipartimento di ingegneria
dell'informazione. Facoltà d'ingegneria
Università degli Studi di Brescia

Contesto di riferimento, motivazione e problematica affrontata

- L'interazione dei campi elettromagnetici con le grandezze meccaniche sono alla base di molte applicazioni mecatroniche che utilizzano attuatori e sensori di tipo elettromagnetico, tra cui motori elettrici e attuatori che utilizzano nuclei ferromagnetici inseriti in bobine.
- Le applicazioni sono molteplici: serrature magnetiche, interruttori, perni di bloccaggio, altoparlanti, elettrovalvole pneumatiche ed idrauliche ecc. ecc.

Contesto di riferimento, motivazione e problematica affrontata

- i complessi fenomeni elettromagnetici sono inquadrati compiutamente dalle "elegantissime" equazioni di Maxwell, che sono in grado di fornire risultati "esatti" solamente in casi semplici e con molte semplificazioni che ci allontanano, magari anche notevolmente, dal problema reale.
- In questi casi, come avviene anche in altri rami della tecnica, ci si appoggia a tecniche simulative basate su codici, per esempio ad elementi finiti, che permettono di studiarli, anche se in modo numerico.

Obiettivi e finalità del Progetto di Ricerca

- Conoscenza e facilità d'uso dei software di simulazione elettromagnetica.
- Caratterizzazione dei materiali.
- Analisi del circuito elettronico di controllo.
- Analisi del comportamento elettromeccanico del sistema.

Descrizione degli interventi e delle attività previste nel Progetto di Ricerca

- F1:Analisi dei diversi software di simulazione
- F2:Addestramento al software
- F3: Attività sperimentale
- F4: Progetto Pilota
- F5: Management

F1:Analisi dei diversi software di simulazione

- Comprende le azioni:
 - *B.3.1.1 Analisi e scelta del software di simulazione*

F2:Addestramento al software

- Comprende le azioni:
- *B.3.1.2 Apprendimento del software di simulazione*
- *B.3.1.3 Simulazione di sensori e/o attuatori già sviluppati*
- *B.3.2.1 Modellazione dei materiali*

F3: Attività sperimentale

- Comprende le azioni:
 - *B.3.1.4 Analisi sperimentale delle caratteristiche di attuatori e/o sensori già sviluppati*
 - *B.3.1.5 Analisi sperimentale dei circuiti elettronici per dispositivi elettromagnetici già sviluppati.*
 - *B.3.2.2 Circuiti elettrici*

F4: Progetto Pilota

- Comprende le azioni:
 - *B.3.1.6 Realizzazione di progetti pilota*

F5: Management:relazione e stato di avanzamento

- E' prevista la redazione ogni due mesi di uno stato di avanzamento dell'attività In particolare sul calendario sono indicati:
 - SA: Stato di avanzamento dell'attività.
 - R1: relazione al termine della fase “Analisi dei diversi software di simulazione”
 - R2: relazione al termine della fase “Attività sperimentale”
 - R3: relazione al termine del progetto Pilota e report finale

F5: Management Divulgazione

- Le azioni di divulgazione sono previste:
 - Alla fine del 12° mese
 - Alla fine del 18° mese
- Le attività di management si sviluppano durante tutto l'arco del progetto.

Diagramma temporale delle attività

Fasi	Mesi																	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
F1: Analisi dei diversi software di simulazione	■	■																
F2: Addestramento al software		■	■	■	■	■	■	■	■	■								
F3: Attività sperimentale						■	■	■	■	■	■	■						
F4: Progetto Pilota												■	■	■	■	■	■	■
F5: Management		R1		SA		SA		SA		SA		R2	D1	SA		SA		R3/ D2

Benefici acquisibili

- Nuove capacità progettuali favorite dallo sviluppo di competenze derivanti da sinergie interdisciplinari e finalizzate alla progettazione elettromeccanica
- Affinamento delle capacità di modellare ed impiegare adeguatamente componenti elettromeccanici reperiti in commercio;

Benefici acquisibili

- Possibilità di applicare a casi reali le conoscenze "teoriche" assimilate.
- Diffusione attraverso, per esempio, “Pomeriggi Intellimech” di conoscenza relativa alla modalità di progettazione ed utilizzo di componenti elettromagnetici

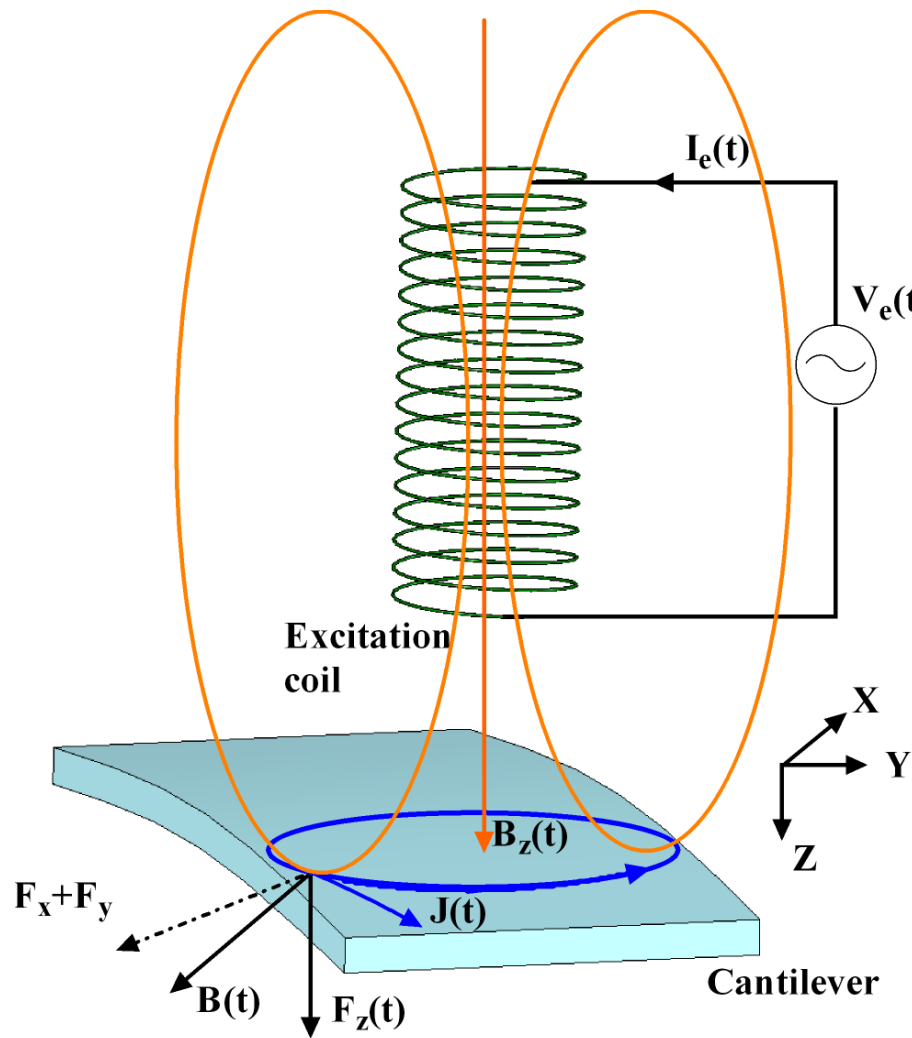
Esempio di progetto di un dispositivo elettromeccanico

Eccitazione elettromagnetica
contactless di strutture conduttive
per sensori risonanti

Eccitazione elettromagnetica contactless di strutture conduttive per sensori risonanti

- Valutare la possibilità di sfruttare un campo magnetico tempo-variante generato esternamente per indurre e rilevare risonanze meccaniche in strutture il cui unico requisito è di essere conduttive, senza il bisogno di alcuna particolare proprietà magnetica.
- L'utilizzo di un elemento sensibile totalmente passivo costituito da una (micro)struttura risonante eccitata e interrogata magneticamente in maniera contactless risulta essere promettente per misure in ambienti ostili o di difficile accessibilità.

Modello



$$\vec{B}(t) = \vec{B}_0 + \vec{B}_1 \cos(\omega t)$$

$$V_i(t) = -\frac{d\Phi(B_z)}{dt} = -A \frac{dB_z(t)}{dt} = AB_{1z} \omega \sin(\omega t)$$

$$J(t) = \frac{AB_{1z} \omega}{S|Z(\omega)|} \sin(\omega t + \phi) = k(\omega) \sin(\omega t + \phi)$$

$$F_x = J_y B_z - J_z B_y = J_y B_z$$

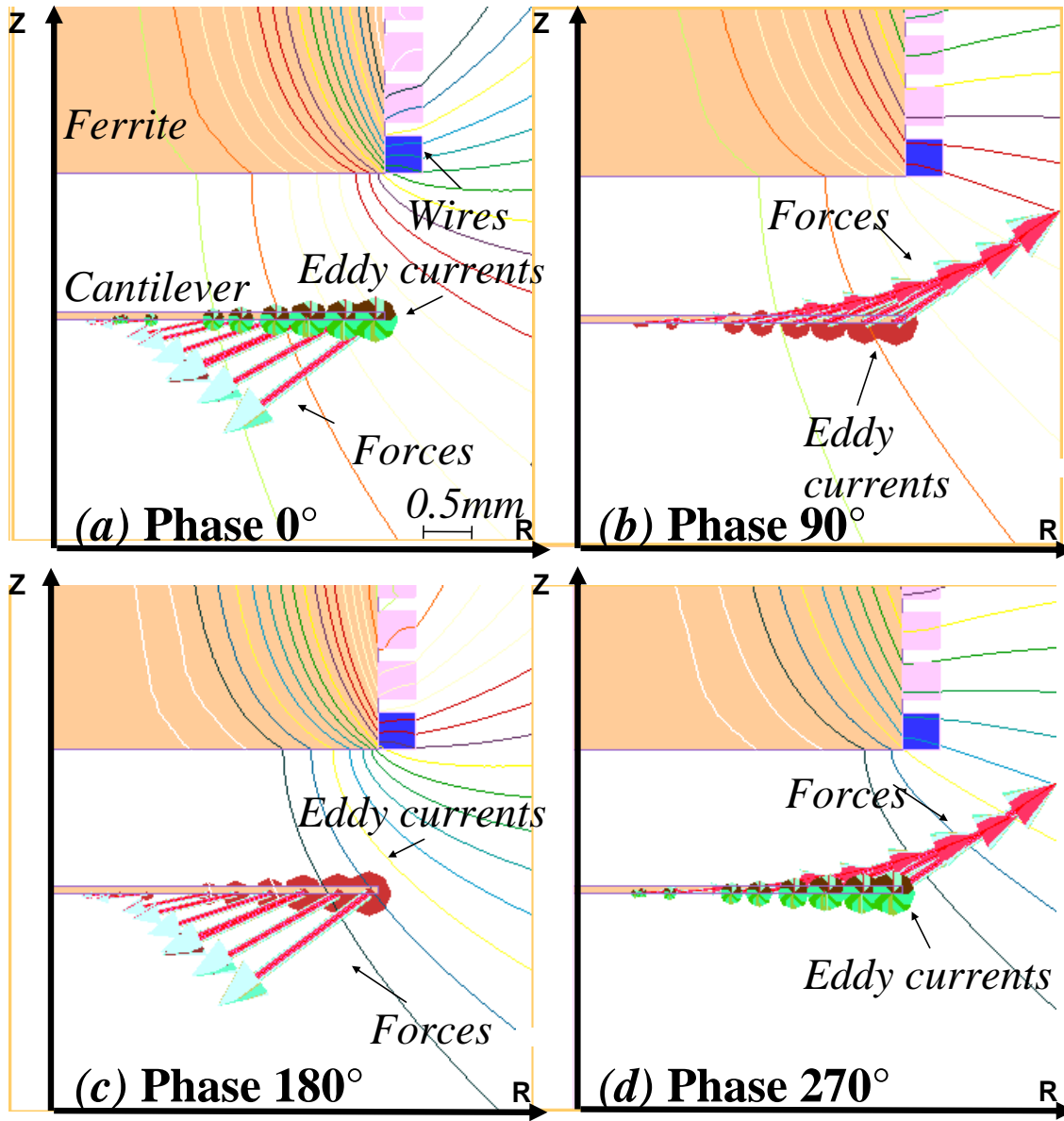
$$F_y = -J_x B_z + J_z B_x = -J_x B_z$$

$$F_z = J_x B_y - J_y B_x$$

- the components F_x and F_y create a sinusoidal force with constant magnitude and radial direction in the x-y plane.

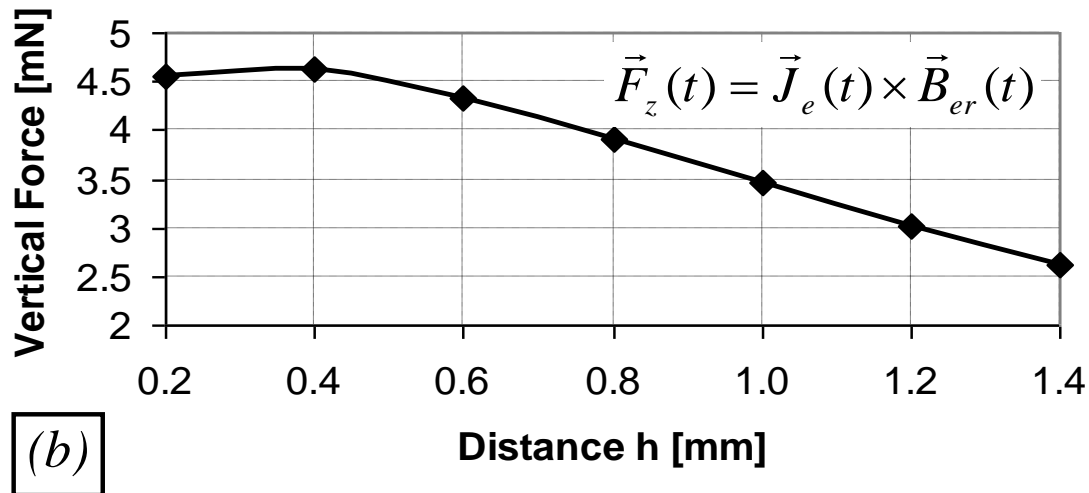
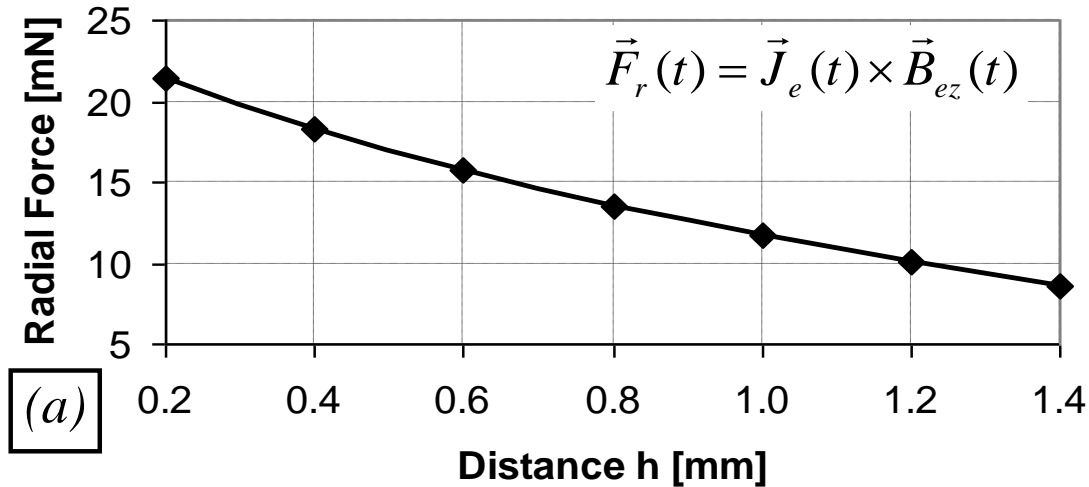
$$F_z(t) = \frac{1}{2} k(\omega) [B_{1r} \sin(\phi) + 2B_{or} \sin(\omega t + \phi) + B_{1r} \sin(2\omega t + \phi)]$$

Simulazione: Simmetria circolare

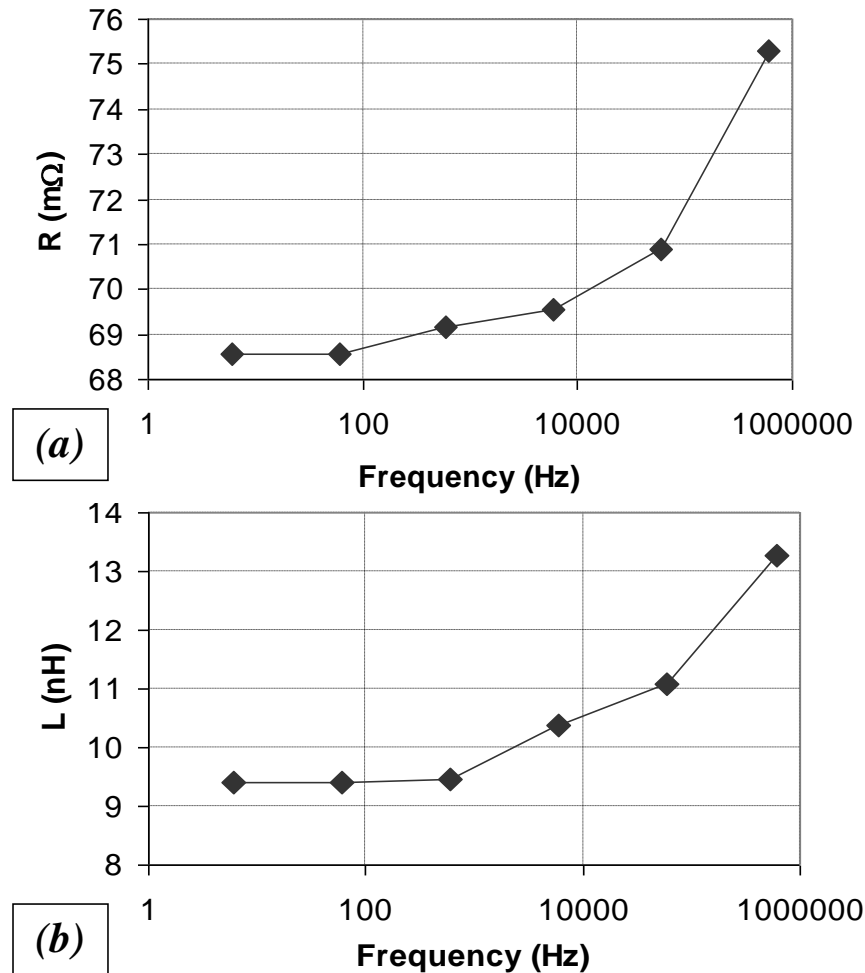


Simmetria
circolare
Simulazione
delle:
Forze
Correnti
Parassite
Linee di
campo

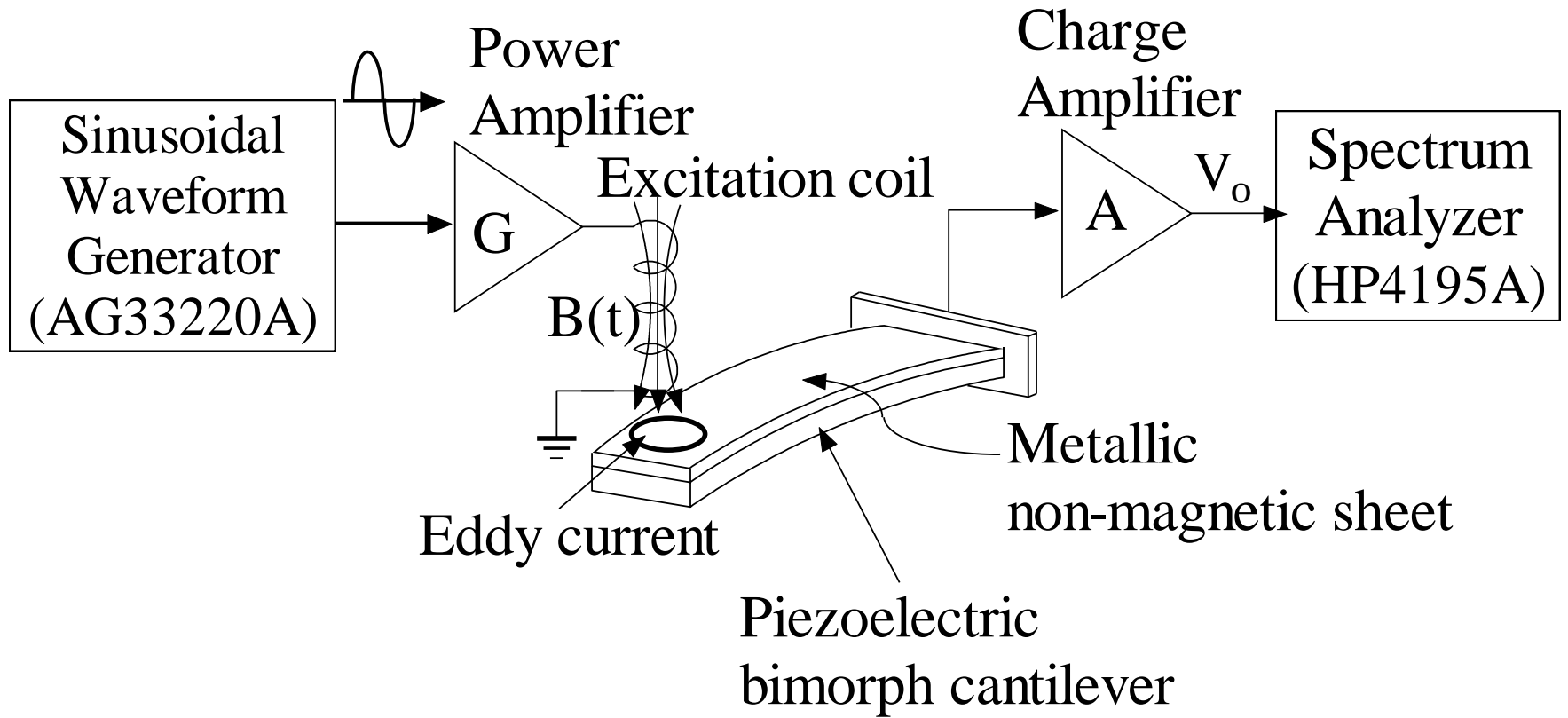
Forze in funzione della distanza



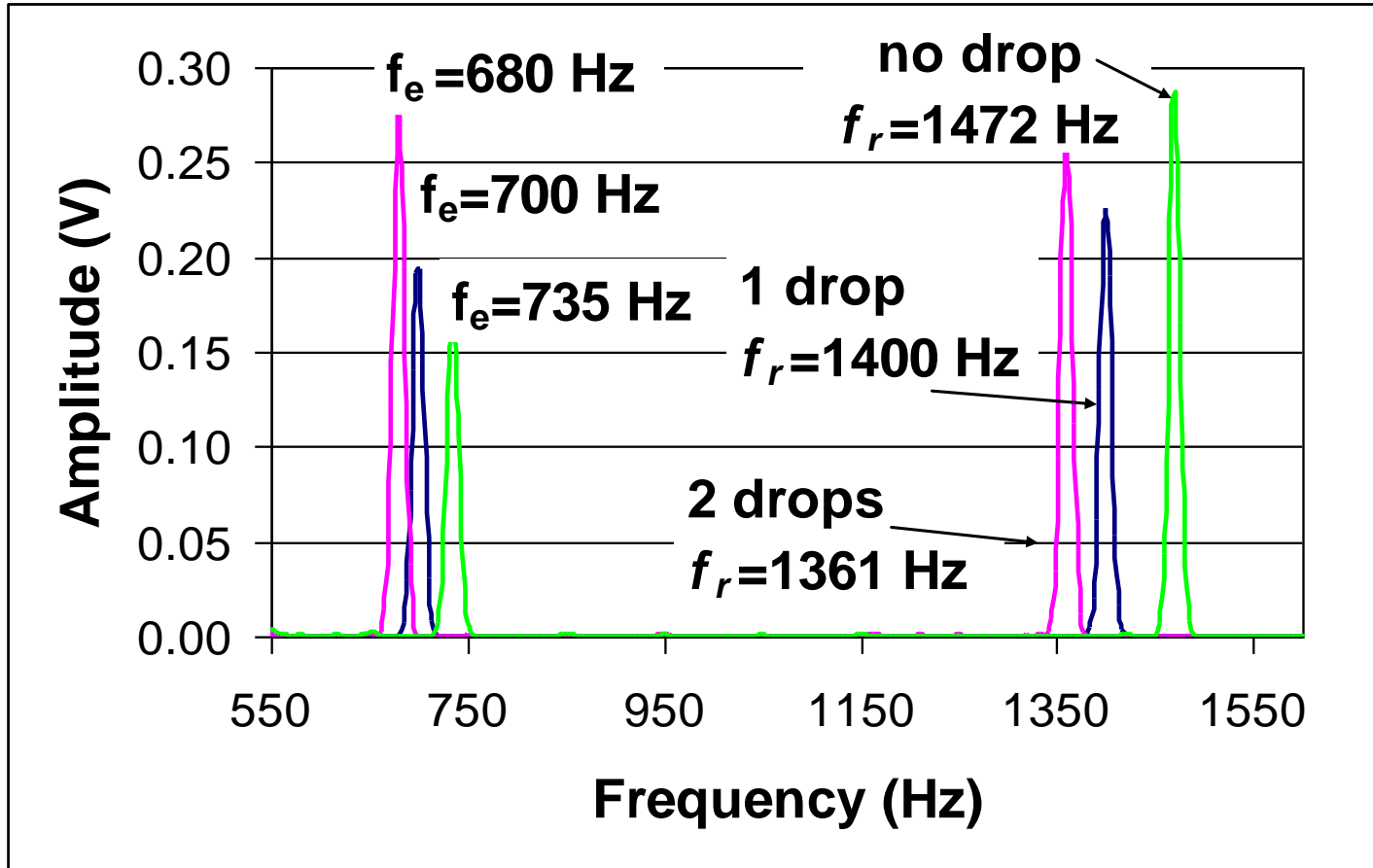
Resistenza ed Induttanza in funzione della frequenza .



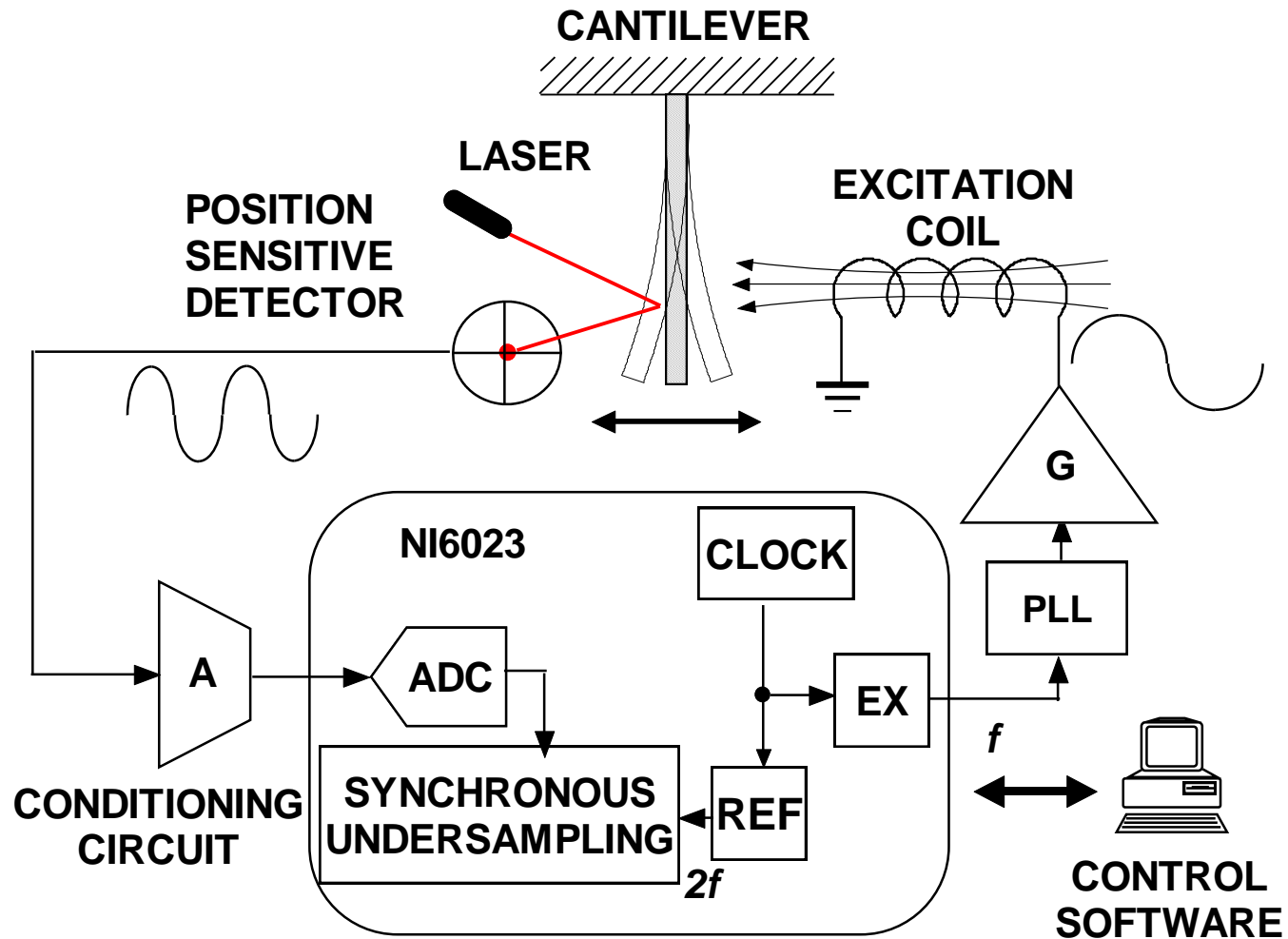
Rilevazione piezoelettrica



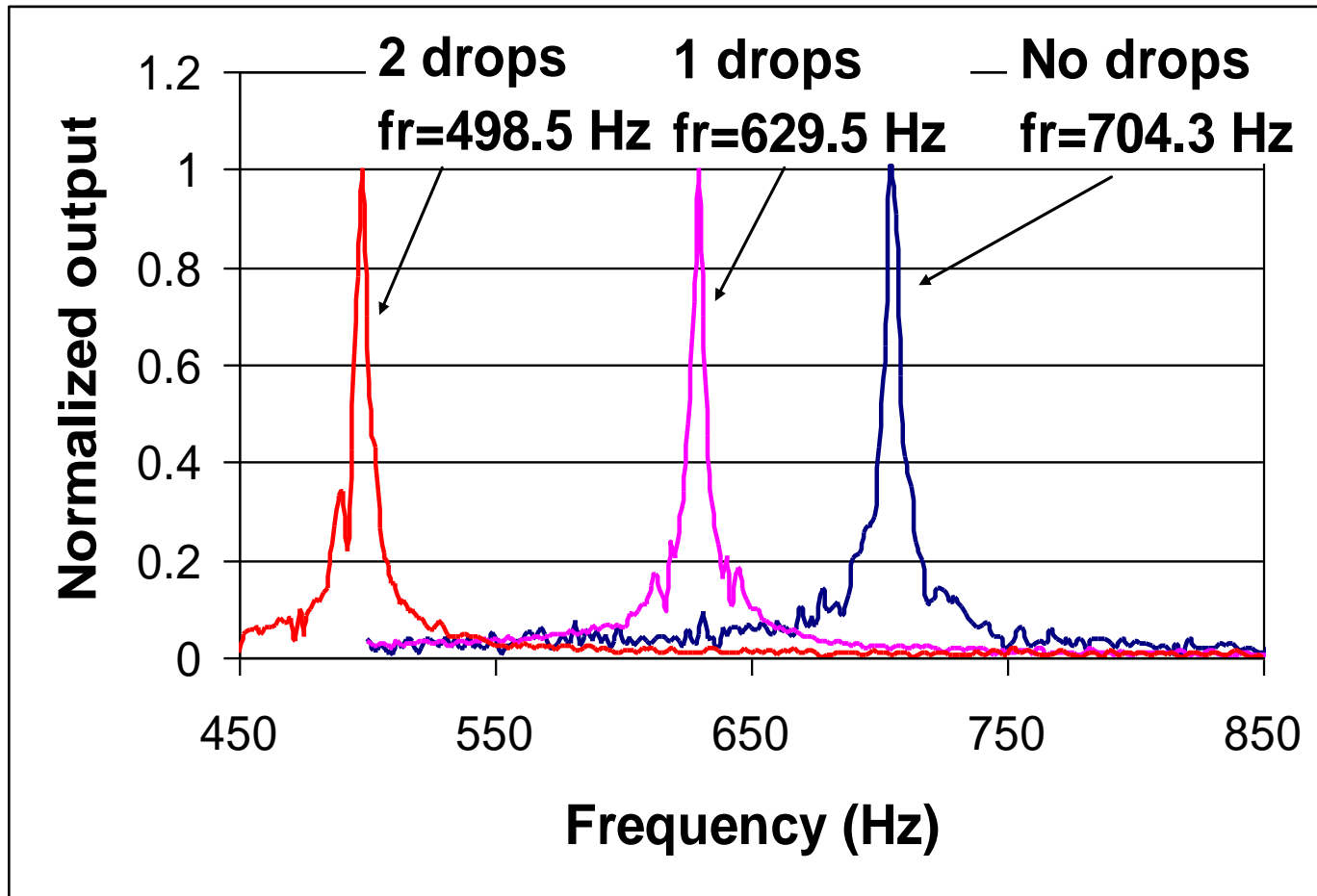
Cantilever con piezoelettrico



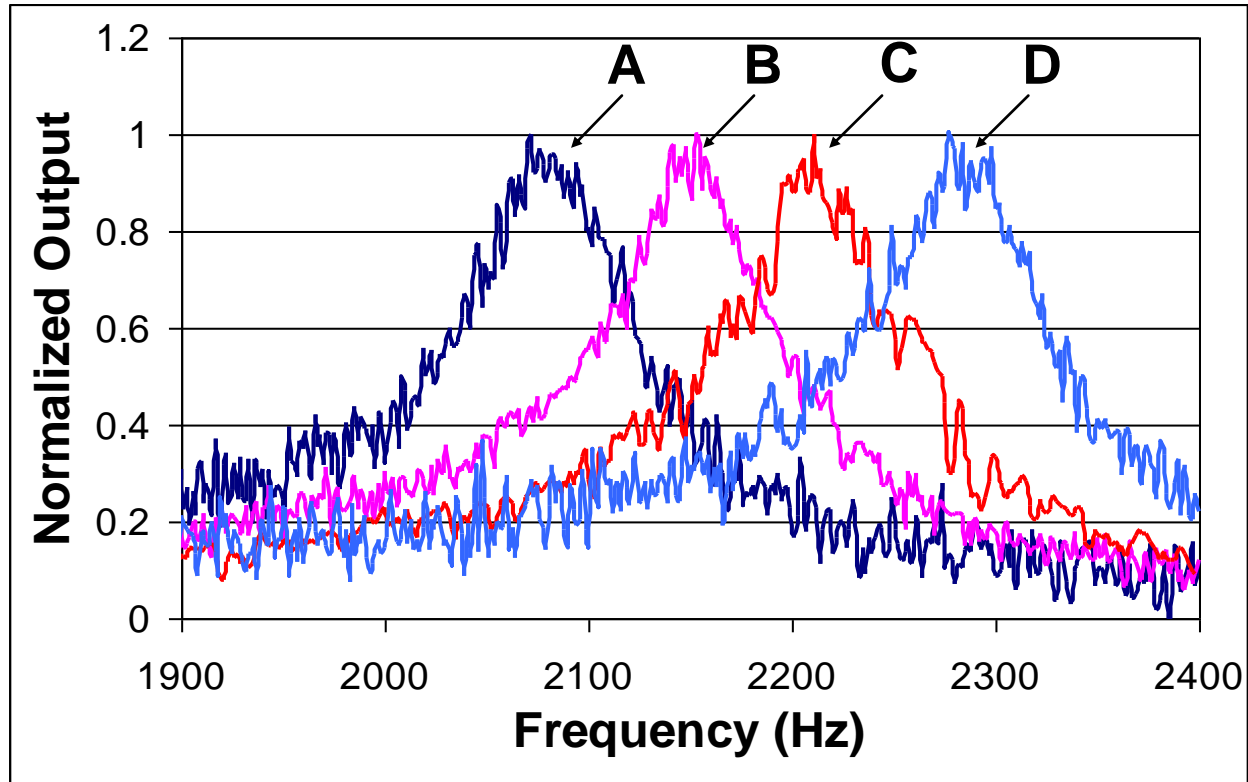
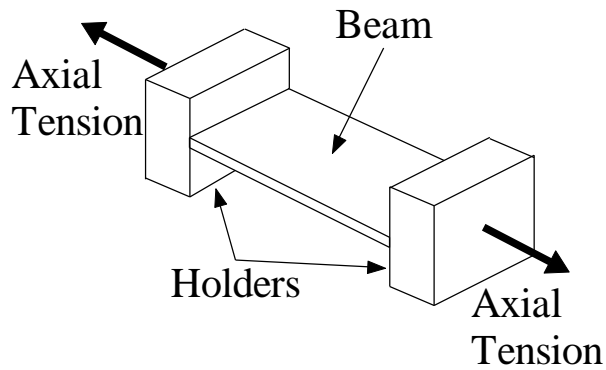
Rilevazione ottica



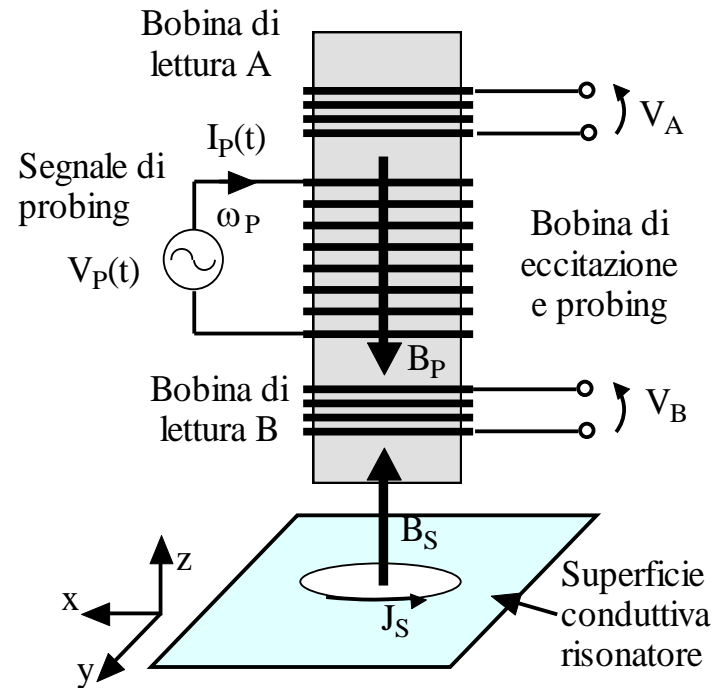
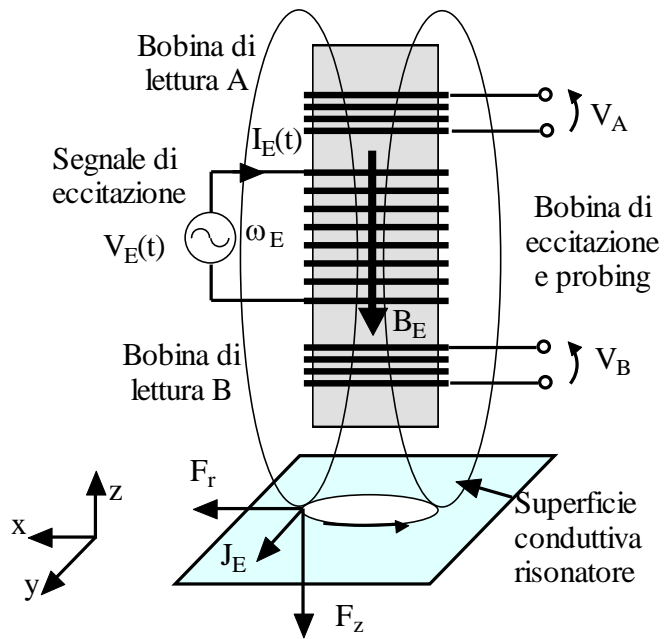
Misure ottiche sul cantilever in titanio

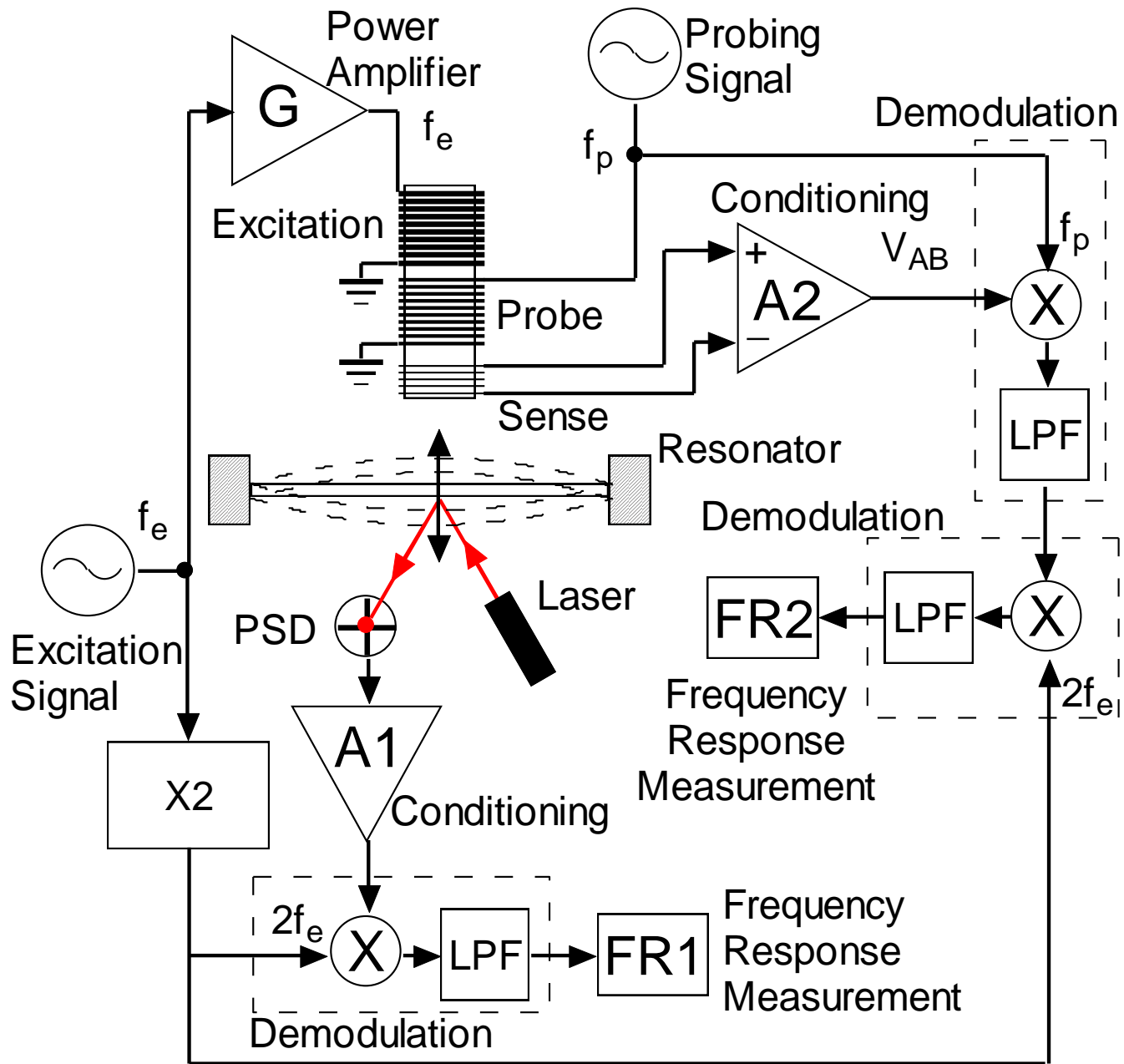


Clamped-clamped beam



Attuatore e sensore





Risultati Sperimentali

