

## Teoretična analiza vzmetne konstante in efektivne mase za polkrožno upognjeni nosilec v pospeškometeru MEMS

Wai Chi Wong<sup>1,2,\*</sup> – Ishak Abdul Azid<sup>1</sup> – Burhanuddin Yeop Majlis<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Univerza Sains, Šola za strojništvo, Malezija

<sup>2</sup>Univerza Tenaga Nasional, Tehnična fakulteta, Oddelek za strojništvo, Malezija

<sup>3</sup>Univerza Kebangsaan, Inštitut za mikroinženiring in makroelektroniko, Malezija

*Namen tega članka je teoretična izpeljava vzmetne konstante in efektivne mase za polkrožno upognjeni nosilec, ki bosta uporabljeni za napovedovanje delovanja tovrstne konstrukcije.*

*Vzmetna konstanta in resonančna frekvenca, kot predmeta te raziskave, sta dve najpomembnejši funkcionalnosti, ki ju zahteva konstrukcija vsake naprave MEMS s premičnimi deli. Zlasti senzorji in aktuatorji pogosto zahtevajo posebno vzmetno konstanto in resonančno frekvenco za zagotavljanje zmogljivosti in ponovljivosti delovanja. Vzmetna konstanta in efektivna masa, ki upoštevata tako materialne lastnosti kot fizično geometrijo, določata občutljivost in resonančno frekvenco pospeškometera MEMS. Občutljivost pospeškometera je merilo za odmik v odvisnosti od pospeška. Resonančna frekvenca pa po drugi strani določa pasovno širino pospeškometera. Obešalni nosilec je lahko izveden na različne načine, odvisno od namena uporabe pospeškometera MEMS. Strukturna analiza obešalnega nosilca pri pospeškometerih s prsti, nanizanimi kot pri glavniku, doslej še ni bila opravljena. Analitična izpeljava teh dveh parametrov je na voljo samo za enostavne zasnove, kot so ravni nosilci. Avtorjem ni znano, da bi bila formula za polkrožno upognjene nosilce že izpeljana.*

*Polkrožno upognjeni nosilec je za analizo mogoče razstaviti na tri komponente: dva enostransko vpeta nosilca in polovični obroč. Vzmetna konstanta se določi s pomočjo deformacijske energije in Castiglianovega teorema o odmikih, medtem ko se efektivna masa določi po Rayleighovem principu. Vzmetna konstanta in efektivna masa se rešujeta po posameznih komponentah in nato kombinirata po metodi superpozicije. Polkrožno upognjeni nosilec v pospeškometeru MEMS je bil analiziran tudi s paketom za analize po metodi končnih elementov ANSYS® 8.1. Rezultat simulacije bo uporabljen za primerjavo z analitičnim rezultatom.*

*Izpeljana je bila efektivna vzmetna konstanta za polkrožno upognjeni nosilec*

$$\frac{1}{k_e} = \frac{1}{Et} \left[ \frac{L^3}{2w^3} + \frac{3(1+\mu)L}{5w} + \frac{24r^3}{w_r^3} \left( \frac{\pi}{16} - \frac{1}{\pi} + \frac{1}{2\pi} \right) + \frac{3\pi L^2 r}{4w_r^3} \right].$$

*Vzmetna konstanta in efektivna masa, ki ju dajejo analitično izpeljane enačbe, se dobro ujemata z rezultati simulacije MKE; razlika je manjša od 5%. Zato je mogoče zaključiti, da je z izpeljanimi analitičnimi formulami mogoče pridobiti efektivno maso in vzmetno konstanto polkrožno upognjenega nosilca v pospeškometeru izvedbe z obešenimi prsti, nanizanimi kot pri glavniku.*

*Glavni prispevek tega članka je možnost napovedovanja vedenja polkrožno upognjenega nosilca pri pospeškometeru MEMS z izpeljanimi enačbami za vzmetno konstanto in efektivno maso. Rezultati, izračunani z uporabo teh izpeljanih formul, se dobro ujemajo z rezultati programske opreme za MKE ANSYS.*

©2011 Strojniški vestnik. Vse pravice pridržane.

**Ključne besede: efektivna masa, upognjen nosilec, pospeškometer MEMS, vzmetna konstanta, deformacijska energija**