

## Analiza mikrogibanj mikroprijemala po metodi grafa povezav

Chao Lin<sup>1,\*</sup> – Yi-hang Ren<sup>1</sup> – Jiu-xiang Ji<sup>1</sup> – Li-zhong Cai<sup>1</sup> – Ji-ming Shao<sup>2</sup>

<sup>a</sup> Univerza v Chongqingu, Državni laboratorij za mehanske prenose, Kitajska

<sup>b</sup> Državni laboratorij v Šanghaju za mehanizme vesoljskih plovil, Kitajska

Mikro- in nanotehnologije so v zadnjih letih s hitrim razvojem znanosti in tehnologije postale ena od glavnih raziskovalnih smeri po vsem svetu. V mnogih industrijah se povečuje povpraševanje po mikromehanizmih, še posebej za manipulacijo z biološkimi celicami, mikrokirurgijo in montažo mikrostrojev. Zaradi miniaturizacije so se pojavile nujne potrebe po razvoju fleksibilnih, visokonatančnih in preprosto vodljivih mikrorobotov, vse več pozornosti pa pridobivajo tudi mikromanipulatorji v kombinaciji s tehnologijo mikropozicioniranja in robotsko tehnologijo. Mikroprijemala postajajo vse pomembnejši del sistemov za mikromanipulacijo. Prenos gibanj pri fleksibilnih mikroprijemalnih je odvisen od deformacij materiala, zato je težko jamčiti za točnost modeliranja kinematike. Prav tako je težko zajeti specifične spremembe stanj pri internih komponentah mikroprijemal. Nelinearnost sistemov je mogoče intuitivno popisati z metodo grafa povezav, pri čemer so vse spremenljivke stanj v modelu fizikalne spremenljivke in omogočajo popis sprememb stanj sistema. Pomembno je tudi ujemanje med grafom povezav in enačbami sistemskih stanj. Na podlagi grafa povezav sistema je mogoče postaviti ustrezen matematični model in takšen pristop je bil do zdaj uporabljen pri analizi mehanizma Stewartove platforme. Za analizo fleksibilnih mehanizmov pa bi bilo treba metodo grafa povezav še dodatno izpopolniti.

Zaradi prednosti uporabe grafov povezav pri analizi fizičnih modelov kompleksnih sistemov je v tem članku postavljen model grafa povezav za mikroprijemalo, in sicer na podlagi analize principa delovanja, togosti ojačevalnega mehanizma BTAM in PDM. Izpeljane so karakteristične enačbe in enačbe prostora stanj. S simulacijo in analizo v okolju MATLAB sta bili pridobljeni simulacijski krivulji za odmik izhoda in za kotni odmik fleksibilnega tečaja. Mikroprijemalo je bilo izdelano s pomočjo laserske tehnologije za hitro izdelavo prototipov, za verifikacijo eksperimentov pa je bila narejena primerjava eksperimentalnih in teoretičnih rezultatov.

Članek predstavlja zasnovano tristopenjskega ojačevalnega mikroprijemala, za katerega je postavljen model psevdotogega telesa (PRB). Analizirana je togost BATM in izpeljana je vhodna togost mikroprijemala. Postavljen je model grafa povezav mikroprijemala, izpeljane pa so tudi karakteristične enačbe in enačbe stanj mikroprijemala. Krivulje vhodno/izhodnih odmikov mikroprijemala ter kotnega odmika fleksibilnega tečaja so bile pridobljene s simulacijo v Matlabu na podlagi enačb stanj. Opravljena je bila analiza mikroprijemala po metodi končnih elementov, kakor tudi eksperimenti za verifikacijo. Primerjava rezultatov simulacij v Matlabu, rezultatov analize po metodi končnih elementov in rezultatov eksperimentov je pokazala, da so prvi in drugi praktično enaki. Razlika med rezultati simulacij v Matlabu in rezultati analiz po MKE je majhna, kar potrjuje pravilnost in uporabnost tega modela grafa povezav. Metoda grafa povezav je torej primerna nova metoda za analizo sprememb stanj pri fleksibilnih mehanizmih in njihovih komponentah.

Za izboljšanje praktičnosti mikroprijemala je treba raziskati tudi vpenjalne sile. Uporabljeno metodo grafa povezav je treba še dodatno izpopolniti na drugih mehanizmih.

**Ključne besede:** mikroprijemalo, psevdotogo telo (PRB), fleksibilen tečaj, graf povezav, Matlab, 3D-tiskanje