

Študija stabilnosti natančne deljene mrežice

Liao Yunfei – Zhou Yi* – Liu Youhai – Zuo Dong – Tan Bo

Kolidž za strojništvo, Univerza v Chongqingu, Kitajska

Za izboljšanje stabilnosti deljenih mrežic, ki so se uveljavile pri gradnji metrskih večslojnih dielektričnih (MLD) uklonskih mrežic kot ključna komponenta kompresorja v laserskem sistemu CPA, smo razvili natančno deljeno mrežico in analizirali njeno stabilnost. Stabilnost deljene mrežice je namreč eden najpomembnejših dejavnikov uspeha laserskega eksperimenta.

Za izboljšanje konstrukcijske stabilnosti smo zasnovali deljeno mrežico v obliki tetraedra, ki izboljšuje vibracijsko stabilnost naprave. Za zmanjšanje vpliva naraščajočega faktorja prenosa napak smo dodali navidezno stojalo v oporo mrežici. Deljena naprava se tako izogne območju s hitro naraščajočimi faktorji prenosa napak ter zagotavlja dobro natančnost nastavitve in stabilnost. Za povečanje stabilnosti krmiljenja smo izboljšali krmilne algoritme PID po dvotočkovni shemi: 1) metoda zaklenjene kompenzacije preprečuje nasičene izgube zaradi integriranega nasičenja, in 2) metoda širitočkovne osrednje razlike omogoča pridobitev parametrov razlik pri odpravljanju motenj.

Za preizkus in verifikacijo stabilnosti prototipa deljene mrežice smo zasnovali testno konfiguracijo. Laserski žarek pri valovni dolžini 532 nm je bil z delilnikom razdeljen na dva žarka z enako energijo. Prvi žarek je bil projiciran na tarčo po odboju na delilniku, drugi pa je bil projiciran na tarčo po odboju na zrcalu deljene mrežice. S kamero smo posneli točke na tarči in po slikovni obdelavi določili relativni položaj označene točke za uporabo v izračunih. Ostrina točke je v našem eksperimentu ostala nespremenjena. Merilna napaka vseh podatkov, ki jih je ustvaril program za prepoznavo slik, je bila zato pri vseh slikah enaka. V izračunih lahko to napako odstranimo in dosežemo večjo natančnost testa.

Predmet članka je izboljšanje stabilnosti optične opreme s konstrukcijsko zasnovo, prenosno verigo in krmilnim algoritmom. Stabilnost je preizkušena in potrjena z optičnim eksperimentom.

Numerična analiza in eksperiment sta privedla do naslednjih rezultatov:

1. S spremembo zasnove deljene mrežice iz konstrukcije z vzporednimi ploščami v tetraedrično konstrukcijo se izboljša lastna frekvenca v prvi fazi, maksimalni pomik naprave pa se prenese s površine mrežice na oporo, s čimer se občutno izboljša vibracijska stabilnost deljene mrežice.
2. Z analizo napak prenosa naprave in dodajanjem navideznega stojala v izogib območju, kjer se faktor prenosa napake hitro poveča, smo upočasnili rast faktorja prenosa napak in zmanjšali vpliv na napako krmiljenja.
3. Z izboljšanjem krmilnih algoritmov PID smo se izognili nasičeni izgubi, zmanjšali vpliv motenj iz okolja in povečali odzivnost.
4. Eksperimenti so dokazali stabilnost vzorčne naprave. Kot mrežice je po 380 sekundah v smereh X in Y zlezel za 0,243 μrad oz. $1,46 \times 10^{-3} \mu\text{rad}$.

Za izboljšanje stabilnosti deljenih mrežic smo razvili natančno mrežico in analizirali njeno stabilnost.

Ključne besede: kompresor z deljeno mrežico, stabilnost, dinamični odziv, tetraeder, prenosna veriga, krmilni algoritmi