

# Optimalna zasnova potopnih elektromagnetnih aktuatorjev na osnovi dinamičnih karakteristik ter eksperimentalna implementacija

Baoping Cai<sup>1</sup> – Yonghong Liu<sup>1,\*</sup> – Aibaibu Abulimiti<sup>1</sup> – Renjie Ji<sup>1</sup> – Yanzhen Zhang<sup>1</sup> – Xin Dong<sup>1</sup> – Yuming Zhou<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Kitajska univerza za nafto, Kolidž za strojništvo in elektrotehniko, Kitajska

<sup>2</sup> Kitajska nacionalna naftna družba, Urad za geofizikalne raziskave, Kitajska

Razvit je bil postopek optimizacije potopnega elektromagnetnega aktuatorja (SEMA) omejenih dimenzij na osnovi dinamičnih karakteristik. SEMA je zasnovan kot preklopni vzmeteni aktuator z elektromagnetom, sestavljen pa je iz pokrova, vzmeti, žepa za vzmet, tuljave, jedra tuljave, bata, batne puše in magnetnega obroča.

Za najkrajši odzivni čas in čim manj vibracij pri odprtem aktuatorju je treba optimizirati pet radialnih dimenzij: debelino bata ( $w_{pl}$ ), debelino zgornje batne puše ( $w_{ps}$ ), debelino tuljave ( $w_{co}$ ), debelino magnetnega obroča ( $w_{mr}$ ) ter rezo med batom in batno pušo ( $w_{gp}$ ). Glavni omejitveni dejavnik je najvišja dovoljena temperatura.

Zasnovani so bili trije modeli: toplotni, elektromagnetni in mehanski, optimizacijski preračun pa je bil izveden s programsko opremo Matlab/Simulink. Za skrajšanje odzivnega časa aktuatorja z značilno majhno prostornino je treba preučiti prenos toplote. Za ohranitev temperature aktuatorja pod varnostno mejo je bila razvita vrsta modelov. Elektromagnetni model SEMA vsebuje električni tokokrog in magnetni tokokrog. Za namen določitve optimalne zasnove je bil prevzet enostavnejši model drugega reda z eno prostostno stopnjo. Mehanski model vključuje maso, vzmet in dušilko pod vplivom magnetnih in tlačnih sil, ki so popisane z drugim Newtonovim zakonom. Model v Simulinku je sestavljen iz treh glavnih delov: toplotnega podsistema, elektromagnetnega podsistema in mehanskega podsistema. Optimalni parametri modela SEMA so  $w_{ps} = 1,8 \times 10^{-3}$  m,  $w_{gp} = 0,2 \times 10^{-3}$  m,  $w_{pl} = 6,0 \times 10^{-3}$  m,  $w_{co} = 6,0 \times 10^{-3}$  m in  $w_{mr} = 3,0 \times 10^{-3}$  m.

Nato je bil izdelan aktuator z izračunanimi optimalnimi parametri in opravljeni so bili dinamični eksperimenti. Napajanje z enosmerno napetostjo 16 V je zagotavljal stikalni napajalnik. Tok v tuljavi je meril tokovni pretvornik. Ker bi bil premik bata le težko merljiv s hidravličnim tlakom, je bil hidravlični tlak nadomeščen z dolgo vzmetjo pod batom, ki ustvarja praktično konstantno silo. Premik je bil merjen s tipalom na vrtnične tokove, pritrjenim na podaljšek bata. Signala toka in premika je sočasno zajemal oscilograf, obdeloval pa ju je računalnik.

Rezultati kažejo dobro ujemanje med odzivnim časom, določenim z eksperimentom in s simulacijo.

Za določitev točnega signala pospeška vibracij v trenutku, ko bat doseže končni položaj, je bila izvedena tudi analiza vertikalnih in horizontalnih vibracij aktuatorja SEMA. Signala pospeška vertikalnih in horizontalnih vibracij je sočasno zajemal drug oscilograf, obdeloval pa ju je računalnik. Rezultati kažejo, da se izmerjeni vertikalni in horizontalni pospešek ujemata z izračunanim pospeškom bata. Eksperimenti so pokazali, da je bil postopek optimizacije dovolj natančen in da je optimalni potopni elektromagnetni aktuator varen za uporabo v podmorskih napravah vrste blowout preventer.

**Ključne besede:** potopni elektromagnetni aktuator, optimalna zasnova, magnetni ekvivalentni tokokrog, dinamične karakteristike