

Analiza indeksa aktivnosti za redukcijo modela hidravličnega sistema z zaznavanjem obremenitve

Quanyi Hu^{1,*} – Hong Zhang¹ – Shujun Tian¹ – Xuxin Qin²

¹ Tehniška univerza v Dalianu, Fakulteta za strojništvo, Kitajska

² Linde Hydraulics GmbH & Co. KG, Nemčija

Hidravlični sistemi z zaznavanjem obremenitve (sistemi LS) so energijsko varčni prenosniki z delovnim fluidom, ki zagotavljajo pretok na zahtevo s specificiranim dodatkom nad tlakom obremenitve. Sistemi LS so nagnjeni k oscilacijam in lahko včasih postanejo nestabilni zaradi povratne zanke mehanizma za zaznavanje obremenitve. Tudi zagotavljanje celotne zmogljivosti ni preprosto zaradi nasprotujočih si zahtev po energijski učinkovitosti in hitrem dinamičnem odzivu, še posebej v širokem razponu obratovalnih pogojev. Snovanje sistemov LS je zato običajno bistveno zahtevnejše kot snovanje konvencionalnih hidravličnih sistemov.

Sistem LS je kompleksen in močno nelinearen sistem, sestavljen iz mehanskih, električnih, hidravličnih in krmilnih podsistemov v interakciji. Za boljši vpogled v zmogljivosti takšnega sistema zato potrebujemo matematični model. Metoda grafa povezav omogoča boljši grafični prikaz za modeliranje multidisciplinarnih dinamičnih tehničnih sistemov. Model z grafom povezav lahko ohrani računsko in topološko zgradbo, omogoča pa tudi sistematično pretvorbo v enačbe stanj, prenosne funkcije, blokovne diagrame, signalne grafe itd.

V članku je predstavljen razvoj modela kompleksnega, nelinearnega sistema LS na osnovi metodologije grafa povezav, ki upošteva dinamiko ventila LS. Opravljena je bila tudi vrsta eksperimentov za validacijo modela. Rezultati eksperimentov kažejo, da model grafa povezav dobro opisuje dejanski sistem LS pri danih obratovalnih pogojih. Model grafa povezav ohranja tudi računsko in topološko zgradbo sistema LS ter je priročno sredstvo za modifikacijo modelov neposredno na ravni grafične ponazoritve.

Vsak dober model mora biti kar se da preprost za dani namen uporabe, postopki modeliranja pa pogosto vodijo do zelo kompleksnih modelov. Reducirani modeli imajo vrsto prednosti pred kompleksnimi modeli. Prvič, reducirani modeli so nižjega reda in zato primernejši za snovanje krmilnikov. Drugič je z njimi lažje dosegljivo ravnovesje med točnostjo modela in hitrostjo računanja. Reducirane modele je tudi lažje pregledovati in fizikalno interpretirati. Takšni modeli so končno tudi lažje obvladljivi zaradi manjšega števila parametrov, ki jih je treba izbrati pri identifikaciji sistema in optimizaciji.

Medtem ko metodologija redukcije modelov na osnovi moči zahteva trenutne in časovno odvisne odločitve o pomembnosti elementov, pa je analiza indeksa aktivnosti metoda redukcije modelov na osnovi energije, ki je še posebej primerna za modele z grafi povezav. Analiza indeksa aktivnosti omogoča poenostavitev modela neposredno na ravni grafa povezav.

V tej raziskavi je bila uporabljena metodologija analize indeksa aktivnosti za poenostavitev celotnega modela LS in pridobljena sta bila dva modela s pragom $\beta = 99,5$ in $\beta = 99$. Rezultati kažejo, da modela dosežeta želeno ravnovesje med točnostjo in kompleksnostjo. Red sistema je manjši in računski čas je krajši. Kvantifikacija relativnega vpliva elementov na podlagi analize indeksa aktivnosti je pokazala, da ima notranja lekaža v črpalki pomembno vlogo pri dinamiki sistema zaradi svoje korelacije s koeficientom blaženja. Rezultati simulacij kažejo, da ima reducirani model s pragom $\beta = 99,5$ praktično identično sposobnost napovedovanja dinamike sistema kot polni model. S tem je dokazana racionalnost opisa dinamike črpalke LS z diferencialnimi enačbami četrtega reda in opustitve dinamike ventila LS, ki ju najdemo v literaturi.

V članku je predstavljen popoln model na osnovi grafa povezav, ki upošteva dinamiko ventila LS in je bil validiran z eksperimenti. Z analizo indeksa aktivnosti sta bila pridobljena dva reducirana modela za ravnovesje med točnostjo in kompleksnostjo. Modela sta praktično uporabna za različne namene, npr. pri snovanju, optimizaciji sistemov in razvoju krmilnih sistemov, saj dajeta boljši vpogled v zmogljivosti sistema LS.

Ključne besede: zaznavanje obremenitve, graf povezav, modeliranje, redukcija modela, indeks aktivnosti, MORA