

Modeliranje hidravličnih batnih ventilov s posebnimi oblikami krmilnih robov

Marko Šimic* – Mihael Debevec – Niko Herakovič
Univerza v Ljubljani, Fakulteta za strojništvo, Slovenija

Glavni namen prispevka je predstaviti novo metodo simulacije hidravličnih drsniških batnih ventilov in posredno celotnih hidravličnih sistemov. Zamisel se uresničuje v razdelitvi hidravličnega krmilnega bata ventila na posamezne oblikovne funkcijske elemente (krmilne robove), ki jih je možno popisati z znanimi in enostavnimi matematičnimi izrazi. Tako oblikovane matematične modele oblikovnih funkcijskih elementov nato vnesemo v knjižnice poljubnih simulacijskih orodij, namenjenih simulaciji hidravličnih komponent in sistemov. Na ta način lahko hidravlični krmilni bat zelo fleksibilno sestavimo iz različnih funkcijskih elementov krmilnih robov v kombinaciji z drugimi elementi krmilnega bata.

Želene dinamične lastnosti hidravličnega sistema so v večji meri odvisne od dinamičnih lastnosti ventila, ki so pogojene z ustrežno obliko in velikostjo pomika krmilnega bata. Oblika in velikost pomika bata pa vplivata na obliko in velikost presečne ravnine, ki neposredno vpliva na karakteristiko volumskega toka ventila. Do sedaj znani postopki za določanje ustrezne oblike krmilnega bata so predvsem dolgotrajni in se opirajo na napredna CFD-orodja, za katera potrebujemo ekspertna znanja. Slabost takega postopka se kaže v tem, da je treba celoten postopek simulacije ponoviti že ob najmanjši spremembi oblike krmilnega bata. Poleg tega pa je postopek omejen le na optimizacijo geometrijskih parametrov posameznih hidravličnih komponent (hidravličnega bata ventila). Vpliva oblike krmilnega bata oz. vpliva karakteristike ventila na celoten hidravlični sistem z obstoječimi metodami ni mogoče analizirati.

Nova metoda geometrijske optimizacije krmilnih batov drsniških ventilov temelji na analitično-simulacijskem pristopu. Vsak funkcijski element, ki predstavlja specifično obliko krmilnega roba oz. zareze na robu, popišemo analitično z matematičnim modelom. Zahtevnost analitičnega modela je odvisna od zahtevnosti geometrije zareze na krmilnem robu bata, vendar pa želimo za popis uporabiti kar se da enostavne in že znane modele. V prispevku je predstavljen postopek razvoja matematičnega modela karakteristike volumskega toka le za eno izmed mnogih oblik zarez na krmilnem robu bata. Omenjene matematične modele implementiramo v funkcijske elemente knjižnice simulacijskih programov. Krmilni bat lahko nato sestavimo modularno iz poljubnih funkcijskih elementov, ki imajo lahko enako ali pa različno nelinearno karakteristiko volumskega toka. Celotni simulacijski model krmilnega bata upošteva tudi način povezave in medsebojni vpliv elementov.

Pri analitičnem modeliranju karakteristike volumskega toka ventila je upoštevana poenostavitev 3D-geometrije zareze na 2D, pri čemer napaka v velikosti presečne ravnine oz. teoretičnega volumskega toka ne presega 0,5 %. Prav tako je med aksialno in radialno upoštevana minimalna presečna ravnina, skozi katero prehaja fluid. Analitični rezultati volumskega toka v odvisnosti od pomika krmilnega bata so primerjani z eksperimentalnimi rezultati. Odstopanje volumskega toka v povprečju ne presega 1,2 %, kar potrjuje možnost poenostavitve analitičnega modela in pravilnost upoštevanja minimalne presečne ravnine za določitev prave karakteristike volumskega toka ventila.

Glavni prispevek članka je zamisel o razdelitvi krmilnega bata drsniškega ventila na funkcijske elemente, katerim je možno analitično določiti karakteristiko volumskega toka. Nova simulacijska metoda omogoča, da s pomočjo različnih kombinacij funkcijskih elementov krmilnega bata ventila hitro in učinkovito poiščemo optimalno obliko krmilnega bata za doseganje zelenih dinamičnih lastnosti hidravličnega sistema, še preden načrtujemo končni realni hidravlični sistem.

Ključne besede: hidravlični batni ventili, krmilni robovi, zareze posebnih oblik, matematično modeliranje, modularna gradnja, simulacijski model ventila