

# Numerična simulacija regulacije prehodnega tlaka v črpalnem vodovodnem sistemu z izboljšano obvodno cevjo

Xiaozhou Li– Manlin Zhu\* – Jiancang Xie

Tehniška univerza Xi'an, Državni laboratorij za ekološko hidrotehniko na sušnih območjih, Kitajska

Študija ima tri cilje: 1) Predlagan je ukrep za preprečevanje vodnih udarov z izboljšano obvodno cevjo (IBP), ki odpravlja omejitve konvencionalnih obvodnih cevi (CBP). Pojasnjen je tudi način delovanja IBP; 2) Na podlagi predhodnih študij in metode karakteristik (MOC) je postavljen matematični model robnih pogojev IBP in opisana je rešitev tega matematičnega modela; in 3) Kot primer uporabe zaščitnega ukrepa IBP in za numerično simulacijo učinka preprečevanja vodnega udara na črpalki z zaščitno napravo IBP je uporabljen vodovodni sistem v industrijski coni.

Uporaba obvodne cevi v sistemu črpalke je ekonomična in preprosta metoda za preprečevanje vodnih udarov pri regulaciji ekstremnih prehodnih tlakov, ki lahko nastopijo v primeru odpovedi črpalke. Pri tehnični uporabi konvencionalnih obvodnih cevi (CBP) trenutno obstajajo določene omejitve in za njihovo odpravo je bila cev CBP v tej študiji modificirana v izboljšano obvodno cev (IBP). Za razliko od CBP je krmilni ventil v sistemu IBP hidravlični krmilni ventil, ki uporablja krmilnik in brezprekinitveni vir napajanja (UPS) za odpiranje in zapiranje ventila. Modifikacija omogoča natančno upravljanje hidravličnega krmilnega ventila in preprečuje vodne udare.

Za preučitev učinkovitosti regulacije prehodnega tlaka v sistemu IBP z uporabo metode karakteristik (MOC) je bil postavljen matematični model kompleksnega sistema, ki vsebuje IBP, nepovratni ventil in vodno črpalko. Matematični model je bil postavljen na naslednjih domnevah: (1) Od trenutka odpovedi črpalke do trenutka, ko pretok na izhodu vodne črpalke pade na nič, je lokalni koeficient upora nepovratnega ventila konstanten. Ko je pretok na izhodu vodne črpalke  $Q_6 \leq 0$ , se nepovratni ventil v trenutku zapre. (2) Lokalne tlačne izgube v vozliščih tipa T nad in pod vodno črpalko so zanemarljive. (3) Vozlišča tipa T, ki povezujejo cev z obvodno cevjo nad in pod vodno črpalko, so zelo kratka. Pretočne izgube so zanemarljive in vozlišča so analizirana kot integralna enota. Za primer numerične simulacije prehodnih pojavov po odpovedi črpalke s programsko opremo MATLAB je bil uporabljen vodovodni sistem v industrijski coni. Podana je analiza in primerjava ekstremnih tlačnih sprememb in ovojnice tlaka v cevi v značilnem prerezu vodovodnega sistema s črpalko.

Primerjava rezultatov simulacij je pokazala, da lahko ukrep za zaščito pred vodnim udarom z IBP (s spremembo nastavitve hidravličnega krmilnega ventila v trenutkih  $t_1=2,5$  s,  $t_2=3$  s,  $t_3=5$  s in  $t_4=15$  s) učinkovito zmanjša največji tlak pri vodnem udaru v vodovodnem sistemu s črpalko. Nekateri problemi, ki so bili razkriti v tej raziskavi, pa zahtevajo še dodatno pozornost: 1) Matematični model IBP ne upošteva dolžine in premera obvodne cevi, vanj pa je vgrajen le lokalni količnik upora ventila obvodne cevi. V naslednjem koraku bi bilo zato treba vključiti tudi dolžino  $l$  in premer  $d$  obvodne cevi za preučitev vpliva dolžine in premera obvodne cevi na sposobnost preprečevanja vodnih udarov. 2) Numerična simulacija in preračun prehodnega pojava v vodovodu s črpalko sta pokazala, da je rešitev IBP sposobna zaščititi vodovod pred škodo zaradi vodnih udarov.

Za določitev okvirnih vrednosti za tehnične aplikacije pa bi bilo treba določiti še občutljivost ključnih parametrov, ki vplivajo na učinek preprečevanja vodnega udara z IBP (dolžina  $l$  in premer  $d$  obvodne cevi, zakasnitev odpiranja hidravličnega krmilnega ventila obvodne cevi  $t_1$ , trenutek odpiranja  $t_2$ , trajanje odpiranja  $t_3$  in trenutek zapiranja  $t_4$ ).

**Ključne besede:** izboljšana obvodna cev, hidravlični prehodni pojav, vodovod s črpalko, krmilnik z brezprekinitvenim napajanjem, numerična simulacija