

Simulacija tokovnih razmer v predoru HE

Branko Gruden
Liko Pris d.o.o.
Verd 100a, Vrhnika
branko.gruden@likopris.si

Simulation of watter flow in chanells and pipes

Abstract: *We developed the model for simulating of watter flow in chanells and pipes. We expect that the model will be useful enough, so we could predict dinamic behavior in critical situations, such as watter hammer or overflow.*

1 Uvod

Namen projekta je bila izdelava programske opreme za simulacijo tokovnih razmer v odprtih kanalih in cevovodih. Zanimajo nas dinamični pojavi, zlasti potovanje tlačnih valov po cevi oziroma valov po kanalu. Naš cilj je predvideti dogajanje in optimirati delovanje regulatorjev pretoka in nivoja. To je pomembno v primerih, ko gre za dolge cevovode ali za kombinacijo kanala in cevovoda.

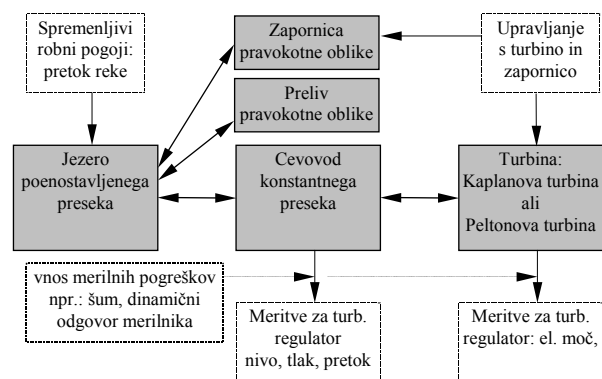
2 Zgodovina projekta

Prvi zametki računalniških izračunov za cevovode in kanale segajo v leto 1992. Izračuni so bili prilagojeni predvsem potrebam mHE. Takrat so bili izračuni omejeni na različne odvisnosti v stacionarnem stanju toka, zanimala pa so nas predvsem izgube energije.

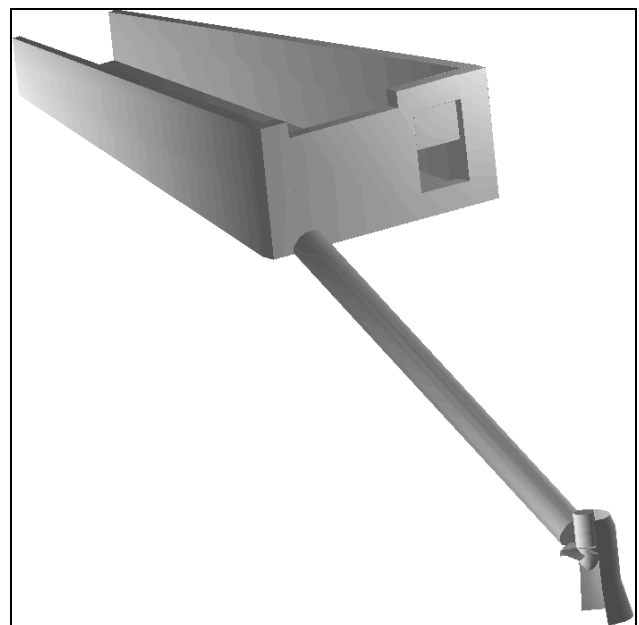
Kmalu se je pojavilo razmišljanje o koristnosti modela, ki bi znal opisovati dogajanje tudi ob prehodnih pojavih. Pojavila se je celo ideja, da bi izdelali model hidroelektrarne, ki bi se obnašal podobno, kot prava elektrarna (slika 1) in bi omogočal preizkušanje krmilne in regulacijske opreme.

Šele leta 1997 se je zgodil naslednji korak v izgradnji modela. To je bila simulacija tokovnih razmer v cevovodu in kanalu, kjer je bilo

najbolj pomembno, da lahko primerjamo simulacijo in rezultate iz realnega življenja.



Slika 1: Zgradba testnega mesta



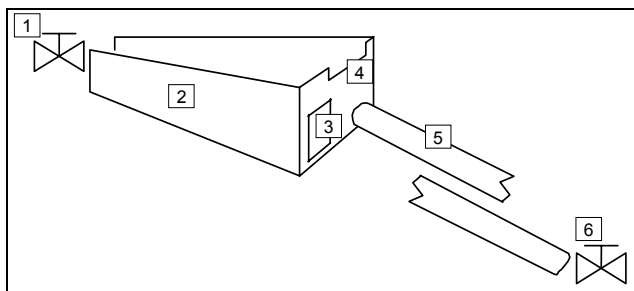
Slika 2: Prikaz modela

Takšen model bi uporabljali v primeru dolgih cevovodov (hidravlični udar) in pri regulaciji nivoja v kanalih, saj bi lahko izračunali čas potovanja informacij (valov) in ustrezno

prilagodili inicialne nastavitve regulatorjev, ocenili bi višino preлива ob zaustavitvi turbine in podobno.

3 Zgradba modela

Simulacijo tvorimo iz več osnovnih modelov ali gradnikov, ki so med seboj povezani z robnimi pogoji. Voda doteka v kanal, ki lahko služi tudi kot približek jezera (slika 3, poz.2), zapornica in preliv omogočata odtekanje viška vode, ki ne odteče skozi cevovod (slika 3, poz.3 in poz.4), cevovod dovaja vodo do turbine oz. ventila. Simulacija dogajanja v cevovodu (slika 3. poz.5) vključuje možnost simulacije vodnega udara. Turbino smo nadomestili kar s šobo (slika3, poz.6).



Slika 3: Gradniki modela

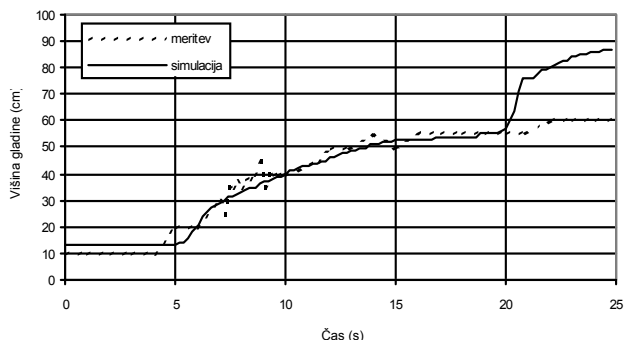
Lastnosti sistema vpišemo v tekstovno konfiguracijsko datoteko. Med izvajanjem simulacije lahko spreminjamo dotok vode, odprtost zapornice in odprtost turbine.

4 Prvi rezultati in težave

Simulacija razmer, posebej v cevovodu in posebej v kanalu je bila po začetnih težavah uspešna. Pri poskusu povezovanja teh dveh sistemov preko robnih pogojev pa so se pokazale nove težave: izračuna za cev in kanal nista bila preprosto združljiva, zaradi različnih časovnih baz vzorčenja. Ko je bila ta težava premagana, se je pokazalo, da je simulacija nestabilna. Pri vnosu večjih motenj v sistem so izračunane vrednosti zanihale in presegle vse razumne meje, tako da je simulacija zablokirala.

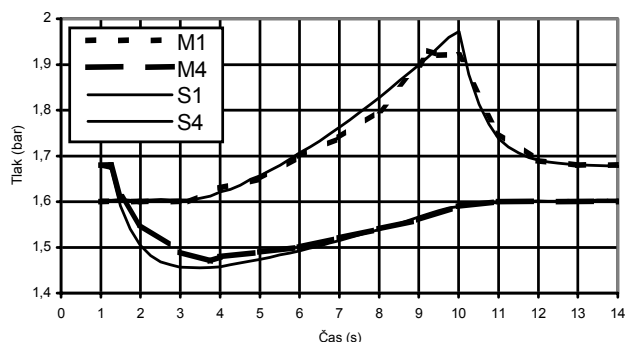
5 Verifikacija simulacije

Za primerjavo simulacije in realnega objekta, smo izbrali kanal MHE na reki Idrijci. Kanal je dolg 21,4 m, širok je 2,2 m in globok 1,6 m. Imenski pretok vode znaša 3,03 m³/s. Poskus se je začel pri minimalnem pretoku. Simulirali smo polnjenje kanala z vodo, saj so spremembe takrat največje. Loputa na vtoku v kanal se je odpirala približno 11.4 s.



Slika 4: Verifikacija simulacije kanala

Pri poskusu smo merili višino gladine 8,5 m od vtoka v kanal. Meritev smo izvedli s pomočjo videokamere, vrednosti pa smo odčitavali iz ustavljene slike na videorekorderju. Težave pri merjenju je povzročala spenjena voda. Kljub vsemu pa je bil vodni val dovolj razločen, da smo s poskusom dobili uporabne rezultate (slika 4).



Slika 5: Verifikacija simulacije cevovoda

Meritve v cevovodu smo izvedli v MHE na potoku Hotenjka v kraju Dolenja Trebuša. Cevovod premera 400 mm, dolžine 220 m napaja peltonovo turbino s tremi šobami. Pri izvajanju meritev tlaka ob odpiranju in zapiranju turbinskih šob se je izkazalo, da se samo šoba št. 3 pomika enakomerno. Šobi št. 1 in 2 sta se zatikali in pri tem povzročali nenavadne konice tlaka. Poleg tega se je

izkazalo, da so izgube v cevovodu za 5 – 7 % manjše, kot pri simulaciji. Ko smo zmanjšali izgube v cevi pri simulaciji, smo dobili naslednji rezultat (slika 5, M-meritev, S-simulacija).

Rezultati so potrdili uporabnost modela.

6 HE Una

Priložnost za uporabo modela sem dobil leta 2000 na HE Una, BiH. Takrat smo izvajali projekt obnove elektrarne, kjer se je povečala moč in pretok elektrarne.

Do elektrarne je skozi hribino speljan 190 m dolg kanal (slika 6). Pojavi se vprašanje, ali kanal, dimenzioniran za 60 m³/s še zadošča pri 88 m³/s vode. Pojavi pa se tudi nevarnost, da bi od izpadu vseh agregatov naenkrat povratni vodni val dosegel strop predora.

Investitor je načrtoval, da bi v drugi fazi investicije nekoliko razširili predor in da bi na več mestih izdelali navpične jaške - oddušnike. Poleg tega investitor ni poznal odgovora na vprašanje, ali bo pred izvedbo druge faze obnove (zaradi izgub v predoru) sploh mogoče obratovati z imensko močjo hidroelektrarne.



Slika 6: Situacija elektrarne

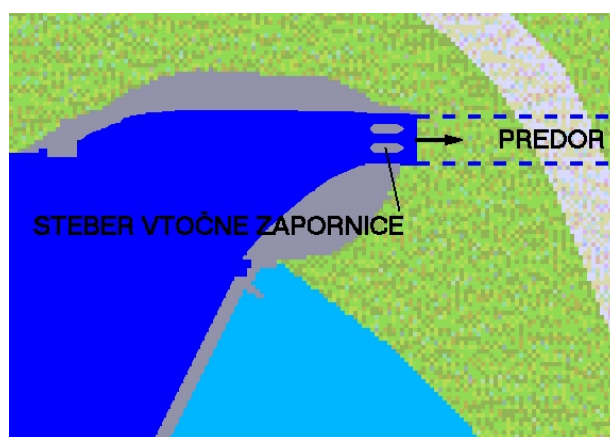
7 Vnos podatkov

Za izvedbo simulacije smo potrebovali geometrijske podatke o zaježitvi, predoru in elektrarni. Ker so bili že izdelani načrti za obnovo predora, smo uporabili kar podatke iz načrtov. Podatke sem ustrezno obdelal in jih

vnesel v program za simulacijo. Rezultati prve simulacije so me razočarali, saj so bili popolnoma drugačni od dejanskega stanja. Kasneje sem odkril, da se zapisani naklon dna predora na načrtu ne ujema s podanimi kotami nadmorske višine, zato sem podatke ustrezno popravil.

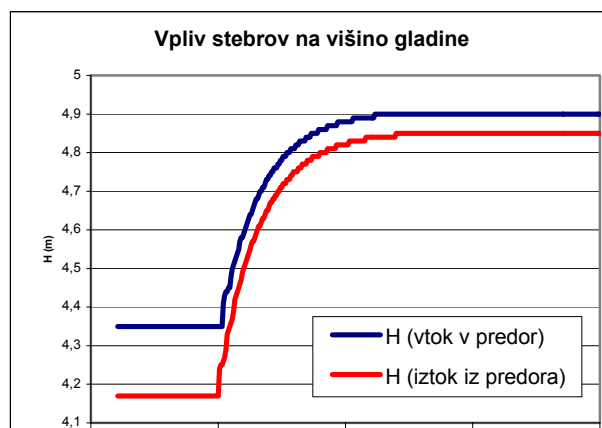
8 Povečan pretok skozi predor

Simulacija pri pretoku 88 m³/s je pokazala povečanje izgube v kanalu za 0,91 m, kar pomeni za 7% manjšo največjo moč elektrarne.



Slika 7: Izvedba vtoka v predor

Pri tem pa sem upošteval tudi izgubo na stebrih vtočne zapornice (slika 7), ki bi pri pretoku 88 m³/s predstavljale 540 mm vodnega stolpca izgub. Če predpostavljamo, da bi zmanjšali izgube na vtoku v predor za 540 mm, dobimo na iztoku za 660 mm več padca (slika 8).



Slika 8: Vpliv stebrov na izgube v predoru

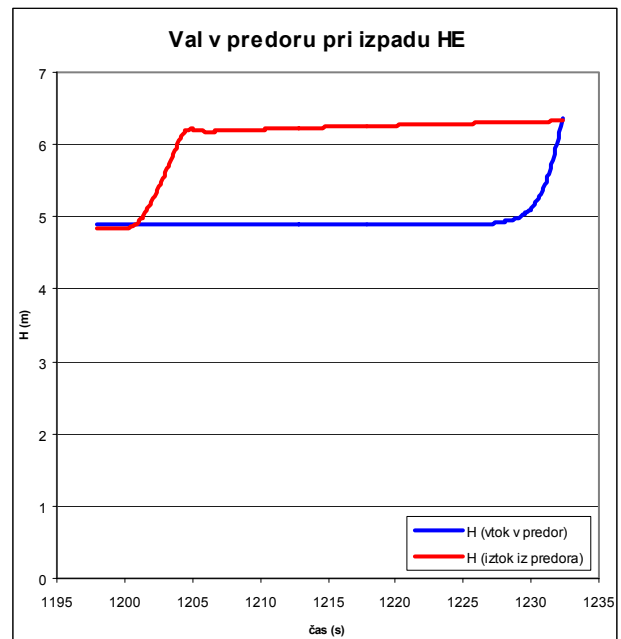
To bi pomenilo, da predora ne bo potrebno širiti, pač pa bi bilo treba odstraniti oba stebra na vtoku v predor.

9 Simulacija vala

Ostalo je še vprašanje, kaj se bo zgodilo ob izpadu HE v primeru, da ta obratuje z imensko močjo. Rezultati so pokazali, da bi voda dosegla največ 6,3 m višine, strop predora pa je na 6,8 m (slika 9). Torej tudi oddušniki očitno niso potrebni.

10 Zaključek

Približno eno leto kasneje, ko se je zaključevala obnova elektrarne, smo izvedli preizkus hitre zaustavitve vseh štirih agregatov hkrati. Na moje veliko veselje se je val, ki smo ga povzročili obnašal tako, kot sem napovedal.



Slika 9: Diagram potovanja vodnega vala