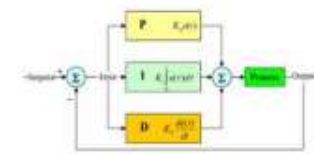


Master rad



GRAĐEVINSKI FAKULTET UNIVERZITETA U BEOGRADU
INSTITUT ZA HIDROTEHNIKU I
VODNO EKOLOŠKO INŽENJERSTVO

Primer upravljanja mini hidroenergetskim sistemom

Kandidat:

Miloš Milašinović

Mentor:

Prof.dr Dušan Prodanović



Sadržaj

- Uvod
- Metodologija
 - Primena Simulink-a
 - Matematički i numerički model akumulacije
 - Primena PID kontrolera za modeliranje pregradnih objekata
- Primer
- Rezultati
- Zaključci



Uvod

- Zašto kaskadni HES?
 - Hidropotencijal Srbije 27200 GWh/god, iskorišćenost 33%, potrebe rastu
 - Manjak prostora za formiranje akumulacija velikih zapremina
 - Poskupljenje i smanjenje rezervi fosilnih energenata
- Problem kaskadnih HES: na granici isplativosti
- Rešenje problema: pravilno upravljanje hidrauličkim veličinama od kojih zavisi energetska proizvodnja
- Kako upravljati?
 - Upravljanje prema nivou
 - Odrediti optimalne vrednosti kontrolnih parametara
 - Prilagoditi upravljanje manevarskim sposobnostima



Uvod

• Zašto kaskadni HES?

- Hidropotencijal Srbije 27200 GWh/gc potrebe rastu
- Manjak prostora za formiranje akumulacija velikih zapremina
- Poskupljenje i smanjenje rezervi fosilnih energenata

• Problem kaskadnih HES: na granici isplativosti

• Rešenje problema: pravilno upravljanje veličinama od kojih zavisi energetska proizvodnja

• Kako upravljati?

- Upravljanje prema tržišnim cijenama
- Odrediti optimalne zapremine
- Prilagoditi upravljanje



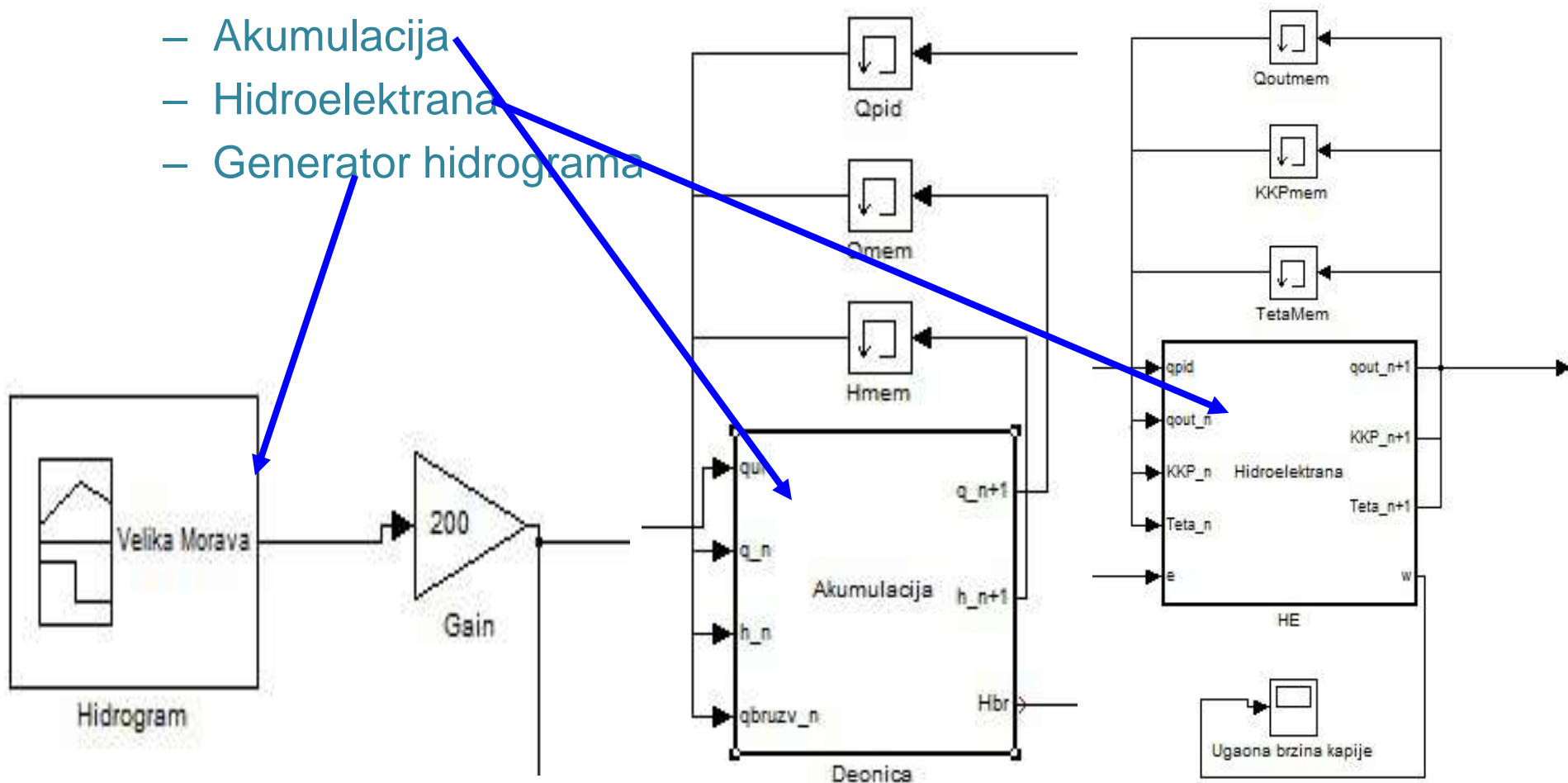
etara
ostima



Metodologija – Primena Simulink-a

- Dekompozicija sistema na osnovne elemente

- Akumulacija
- Hidroelektrana
- Generator hidrograma



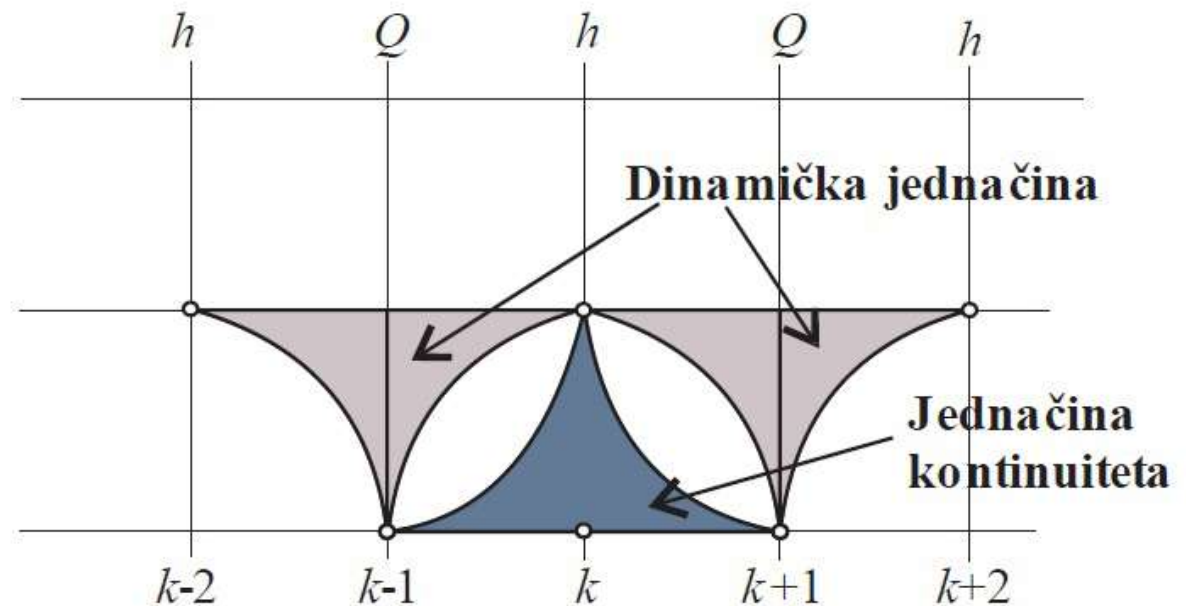


Metodologija – Matematički i numerički model

- Matematički model neustaljenog tečenja – model difuzionog talasa

$$\frac{\partial Q}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x} \left(\frac{Q^2}{A} \right) + gA \left(\frac{\partial h}{\partial x} - I_0 \right) + \frac{1}{2} C_\tau \frac{Q^2}{AR} = 0$$

- Numerički model





Metodologija – PID kontrola

Šta je sad to?

- PID : proporcionalno – integrativno – derivativna kontrola
- Kako upravljati nivoom h u akumulaciji?
- Samo promenom neke druge veličine, npr. protokom
- Uspostavljena bezdimenzionalna veza nivo – protok
- Cilj upravljanja: održavati nivo u nekim uskim granicama oko referentnog nivoa

$$q_{izl} = K_p e(t) + K_I \int_0^t e(t) dt + K_d \frac{de}{dt}$$

Bezdimezionalni protok

Proporcionalna komponenta

Integrativna komponenta

Derivativna komponenta

Bezdimezionalni nivo (greška/error)



Metodologija – PID kontrola

- Česta je upotreba određenih kombinacija komponenti PID-a: P, PI, PD, PID
- Za model upravljanja korišćena kombinacija PI
- PI kombinacija poboljšana uvođenjem informacije sa uzvodne HE, tzv. FEED FORWARD

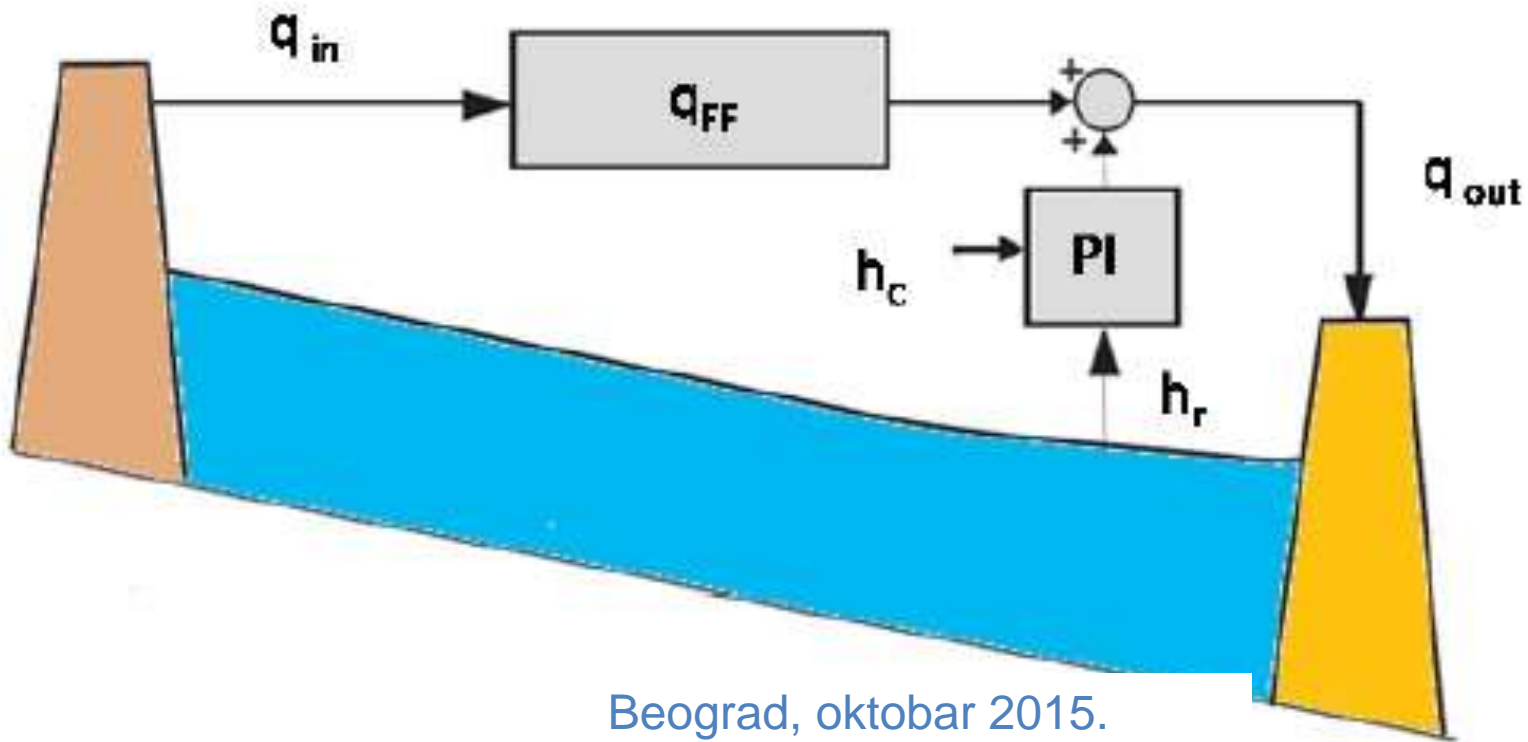
$$q_{izl} = K_p e(t) + K_I \int_0^t e(t) dt + q_{ff}$$

P **I** + **Feed Forward**



Metodologija – PID kontrola

- Česta je upotreba određenih kombinacija komponenti PID-a: P, PI, PD, PID
- Za model upravljanja korišćena kombinacija PI
- PI kombinacija poboljšana uvođenjem informacije sa izvodne HF tzv. FEED FORWARD



rd

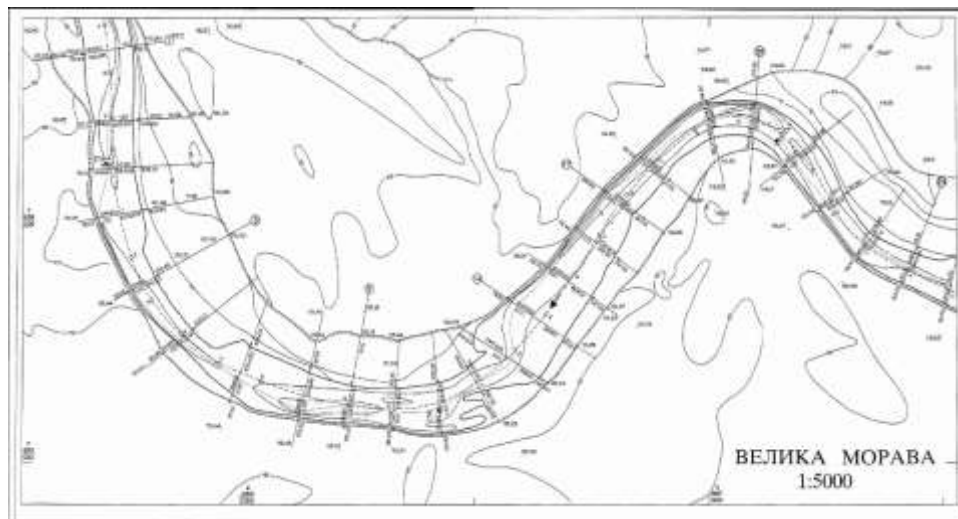


Primer

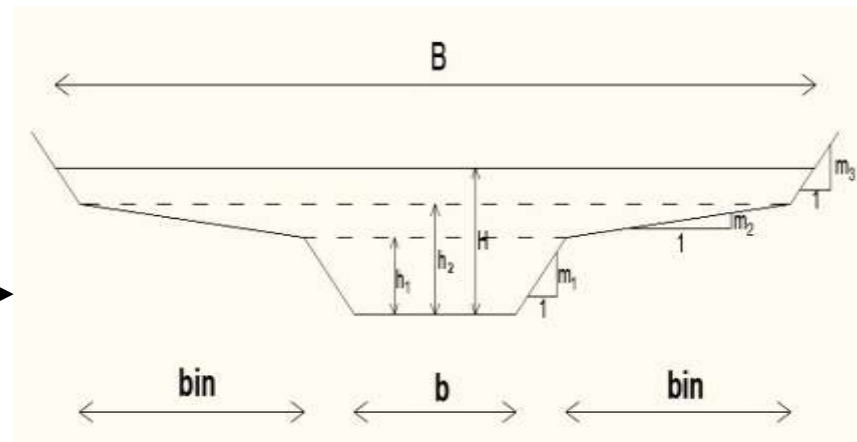
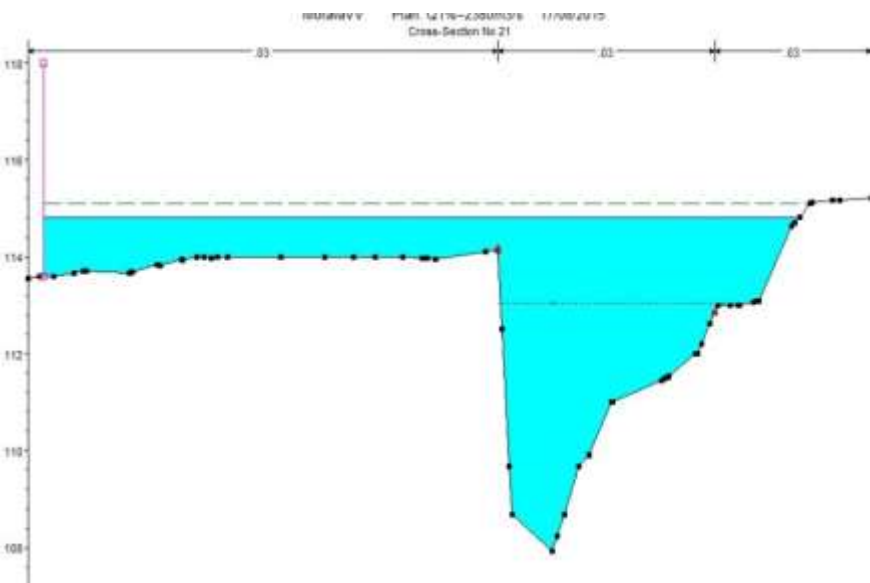
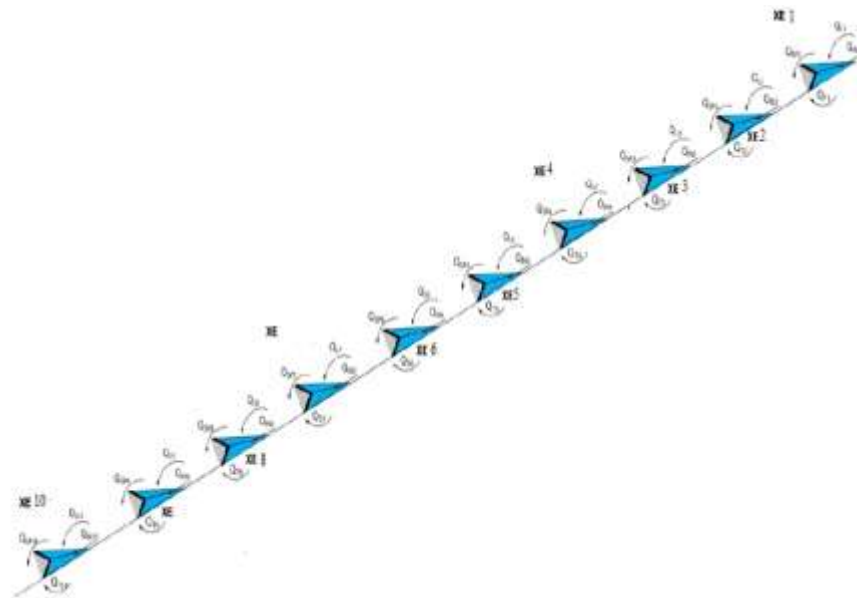
- Deonica ravničarske reke (geometrija dela V. Morave)
- Prirodna geometrija aproksimirana pravilnijom
- Formirana jedna akumulacija
- Formiran kaskadni HES od 10 istih akumulacija
- Regulacija protoka prelivnim klapnama



Primer



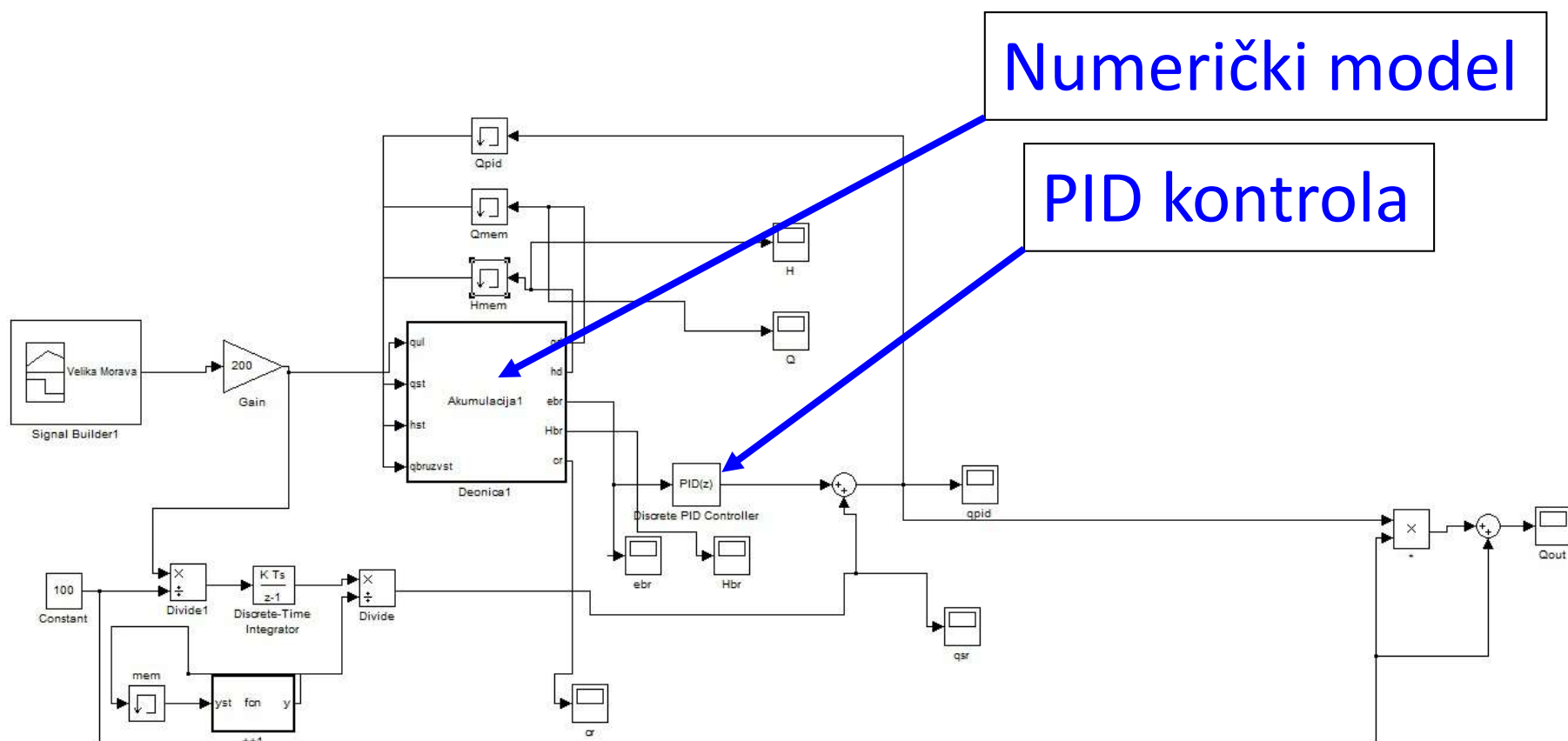
Кодификација протока прецизни





Primer – Model 1

- Model jedne akumulacije
- Rad preliva samo preko PID-a



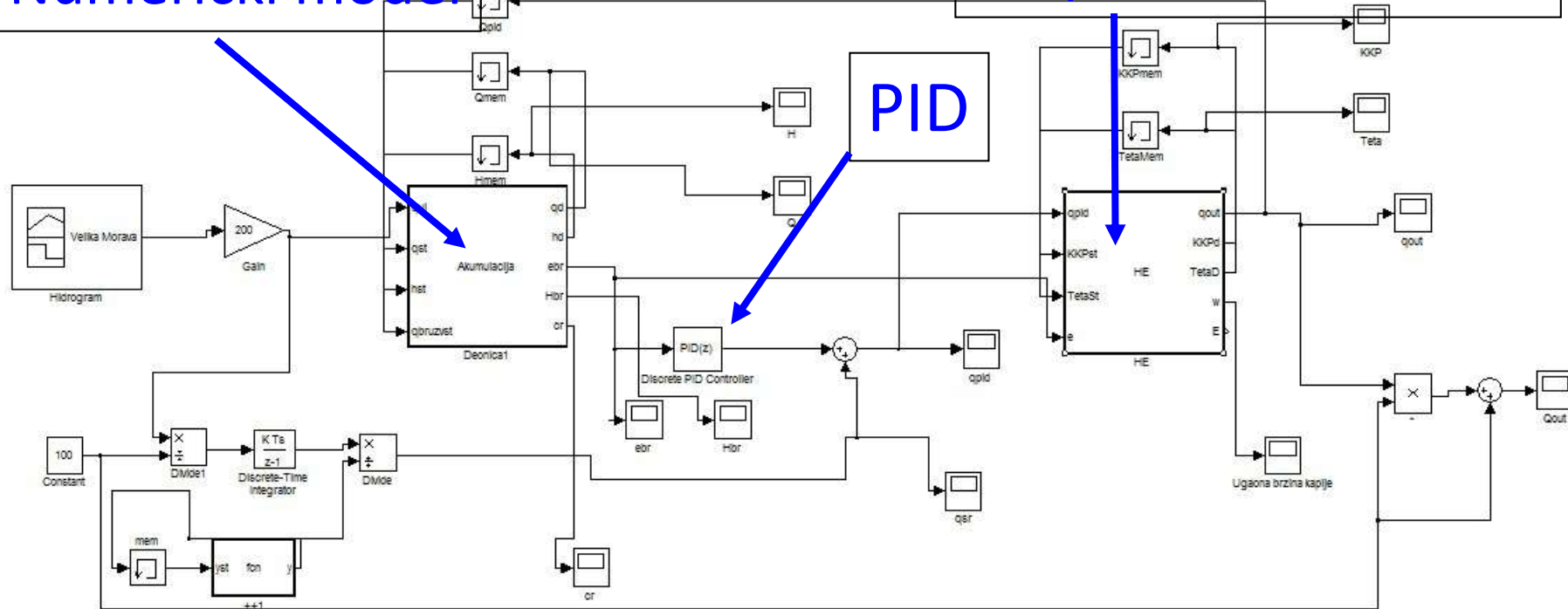


Primer – Model 2

- Model jedne akumulacije i **hidroelektrane**
- Rad preliva pomoću PID-a uzimajući u obzir brzinu pomeranja klapni

Numerički model

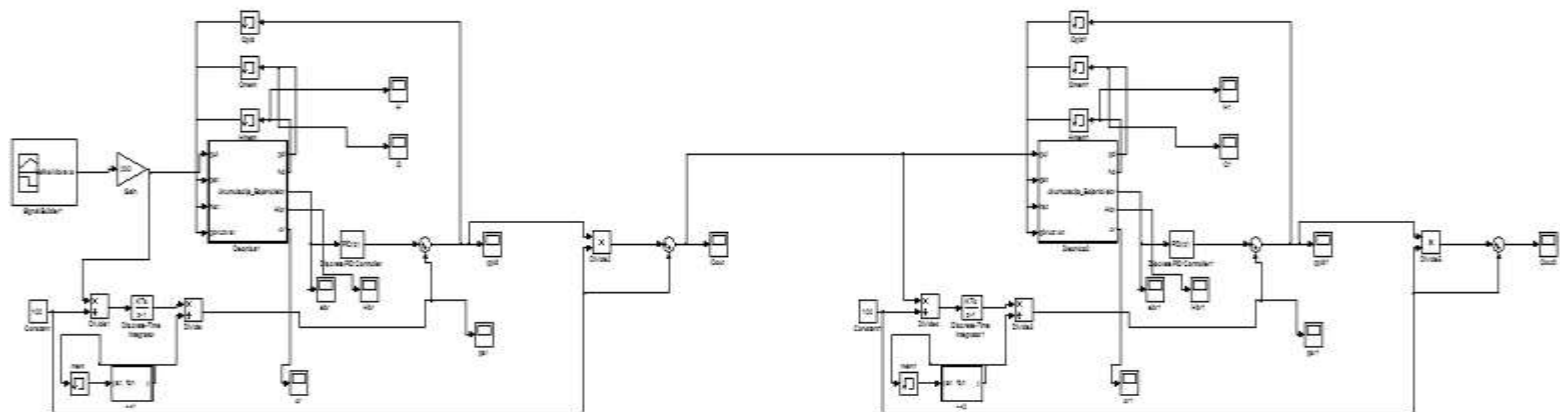
Algoritam upravljanja klapnama





Primer – Model 3

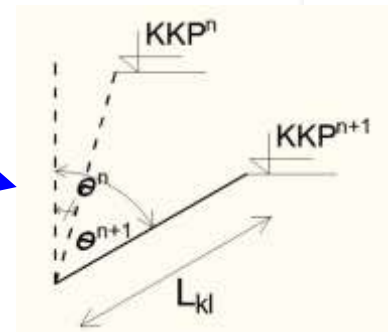
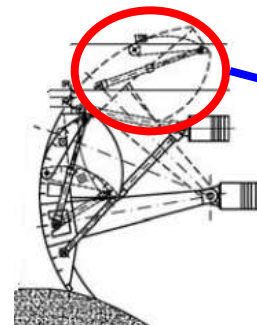
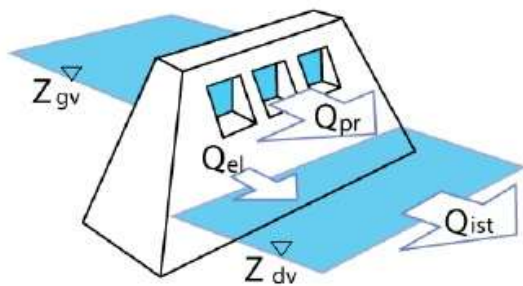
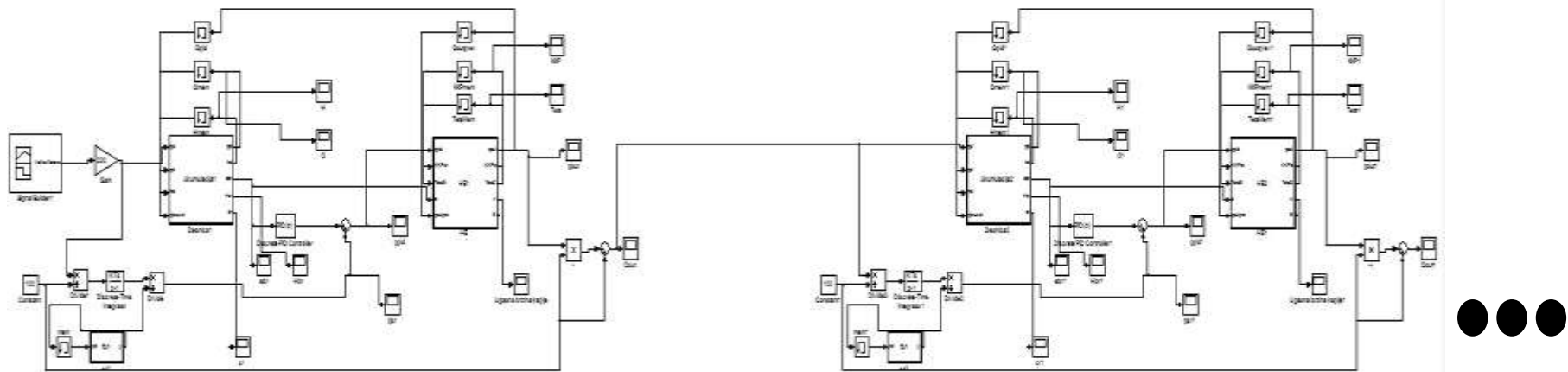
- Model kaskadnog sistema, PID model HE
- Prikazane 2, postoji 10 HE





Primer – Model 4

- Model kaskadnog sistema sa hidroelektranom
- Prikazane 2, postoji 10 HE



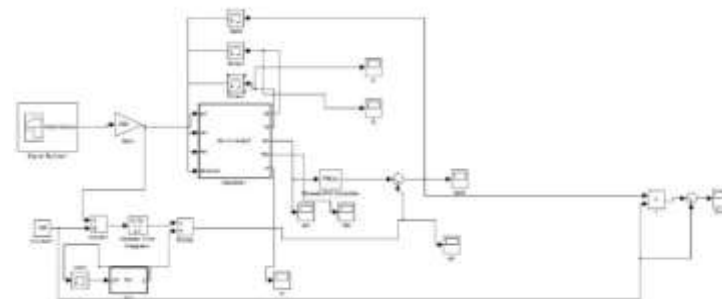


Rezultati

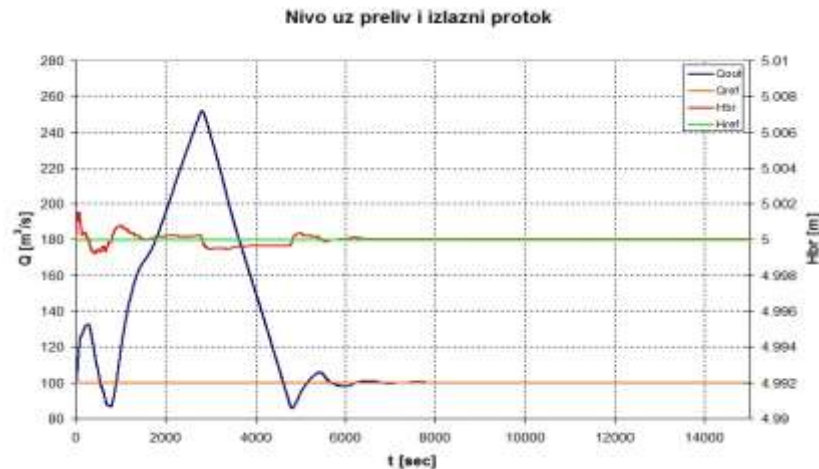
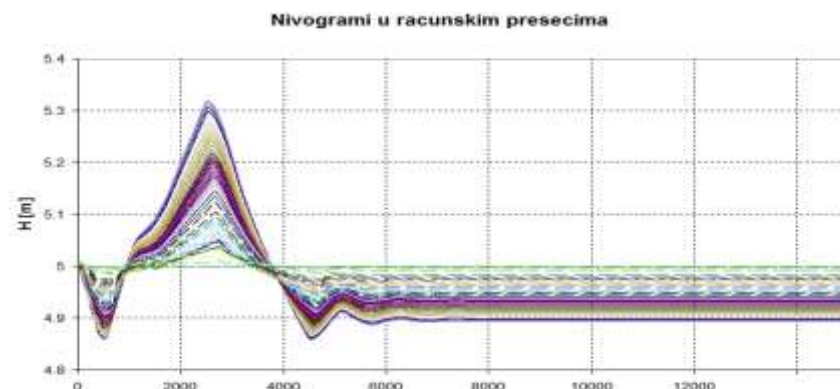
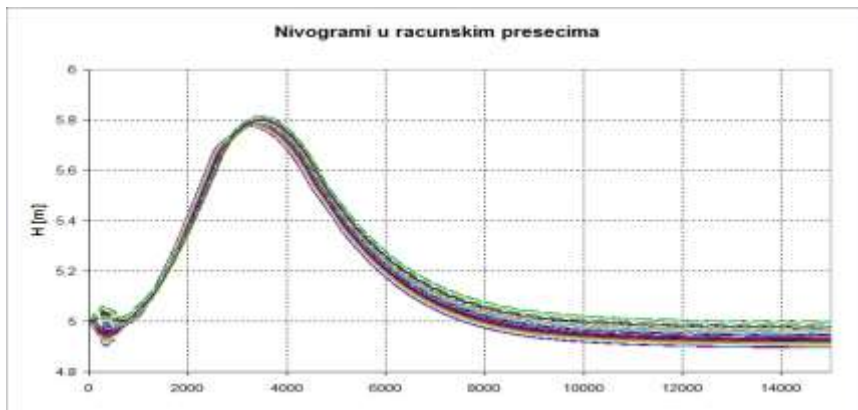
- Sagledati uticaj kontrolnih parametara K_p i K_i na vrednosti hidrauličkih parametara Q i h
- Podešavanje brzine pokretanja klapne ω sa stanovišta prilagodjavanja PID kontroli
- Promena maksimalne vrednosti odstupnja od ref. nivoa za različite vrednosti K_p , K_i i ω
- Vreme uspostavljanja referentnog nivoa



Rezultati



- Model 1

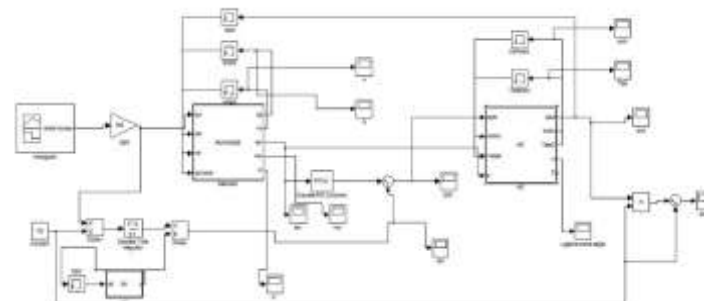


$$K_p=10 \quad K_i=0$$

$$K_p=200 \quad K_i=10$$

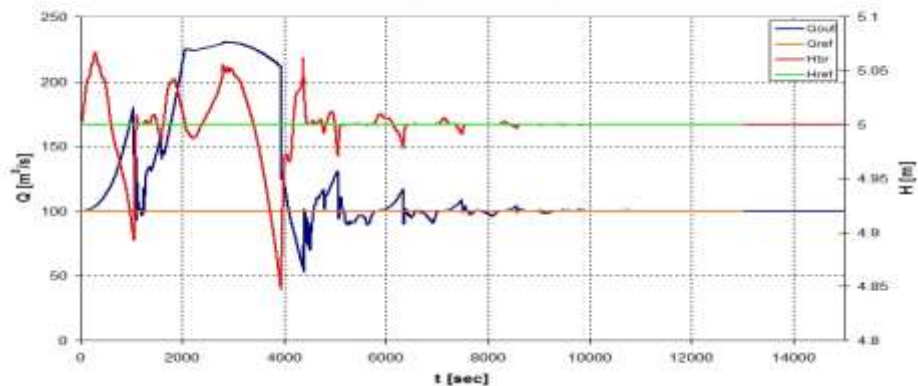


Rezultati

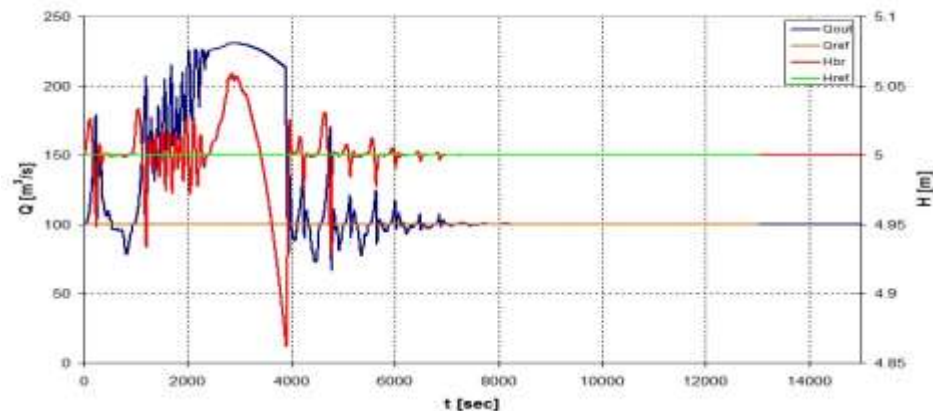


- Model 2

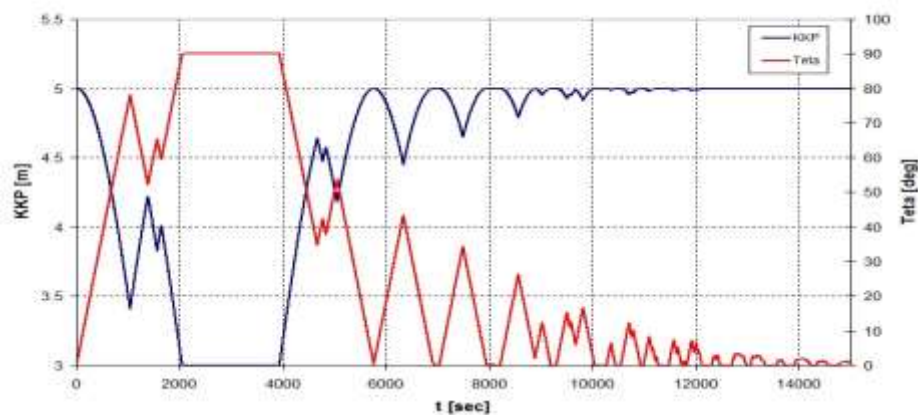
Nivo uz preliv i izlazni protok



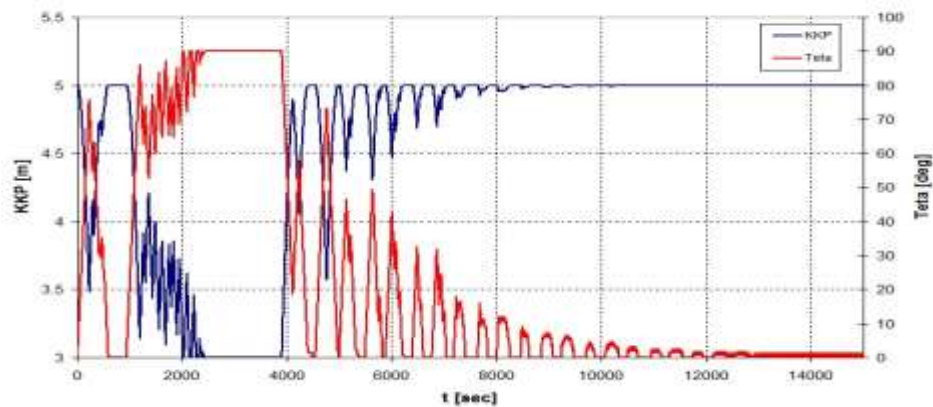
Nivo uz preliv i izlazni protok



Kota krune preliva i položaj klapne



Kota krune preliva i položaj klapne

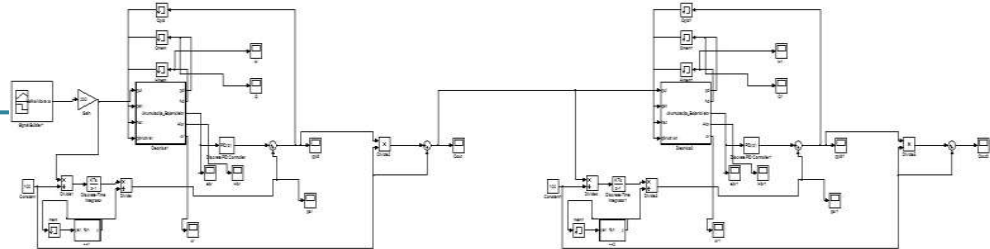


- $K_p=100$ $K_f=0,01$ $\omega=4.5$ %/min

- $K_p=100$ $K_f=0,01$ $\omega=15$ %/min

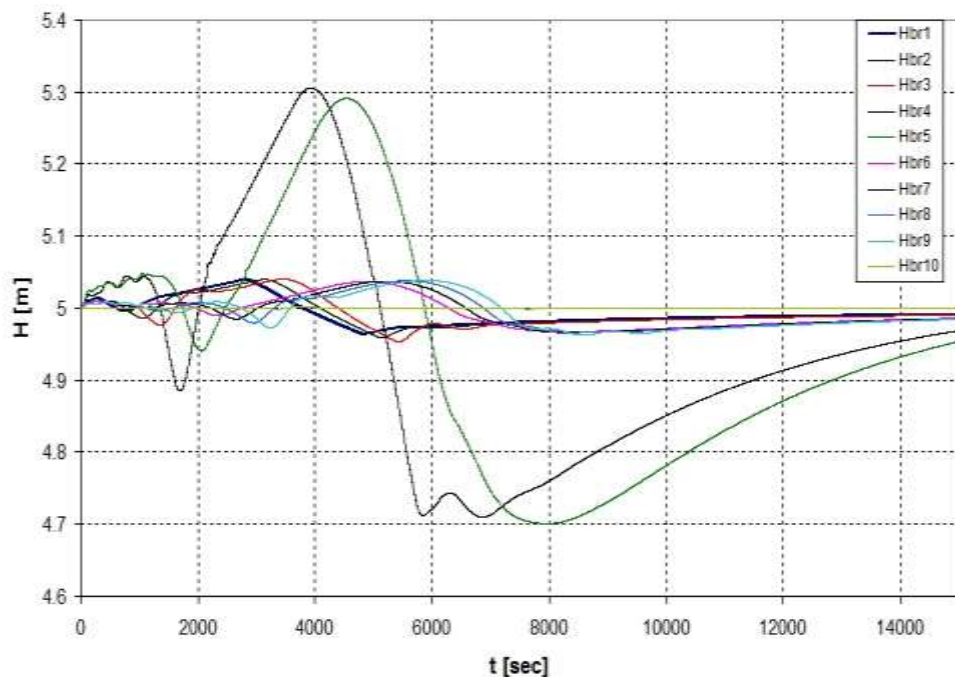


Rezultati

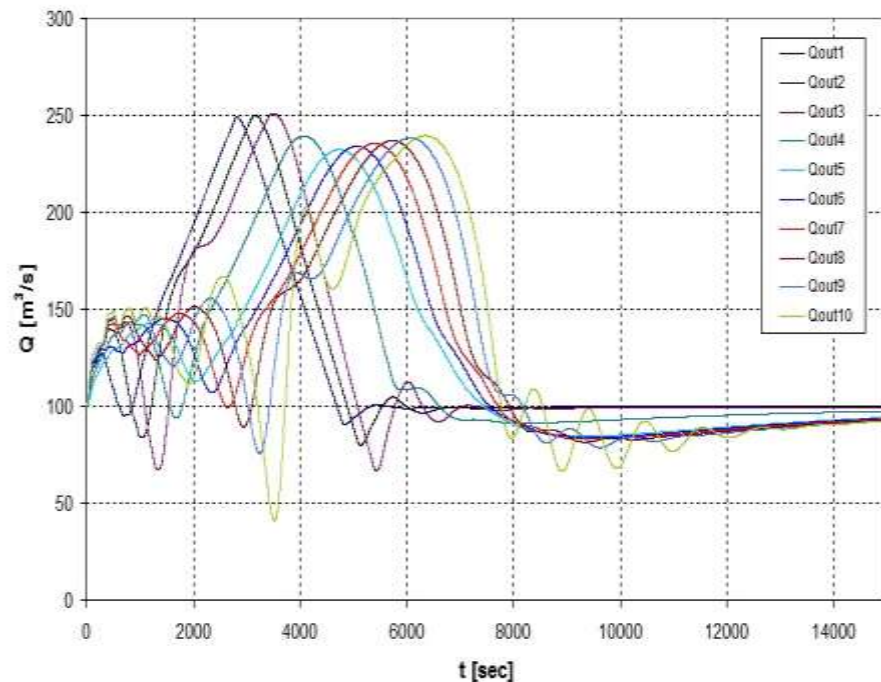


- Model 3

Nivo u preseku uz prelivni objekat

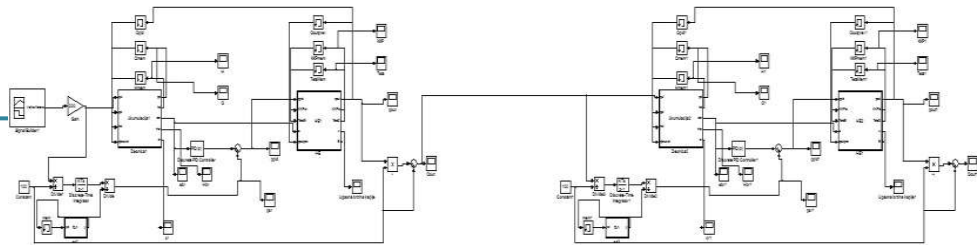


Izlazni hidrogrami





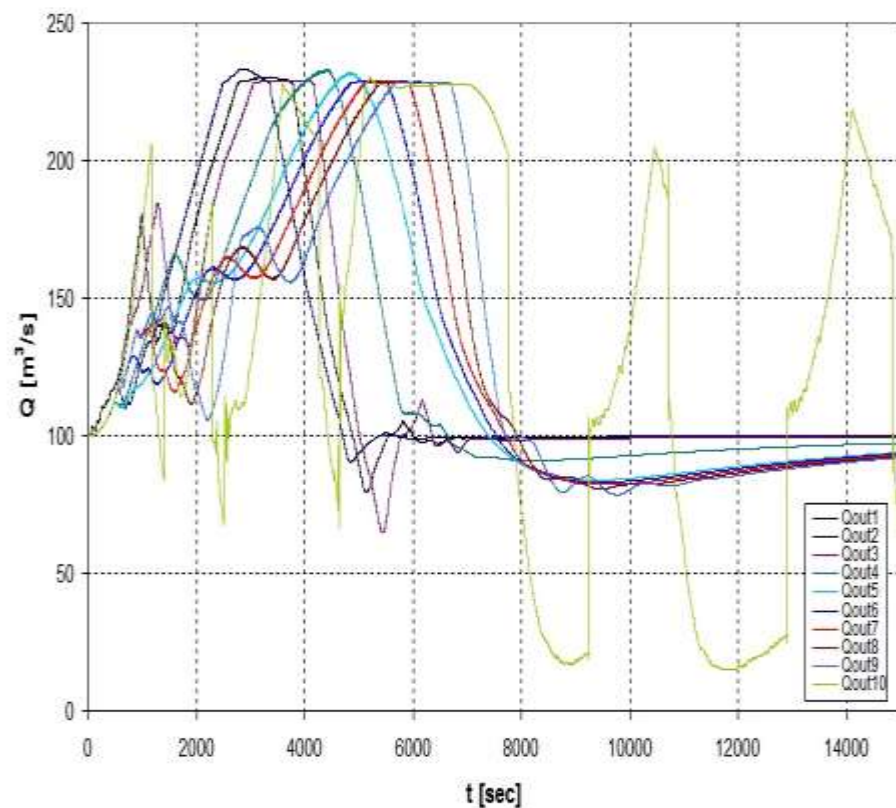
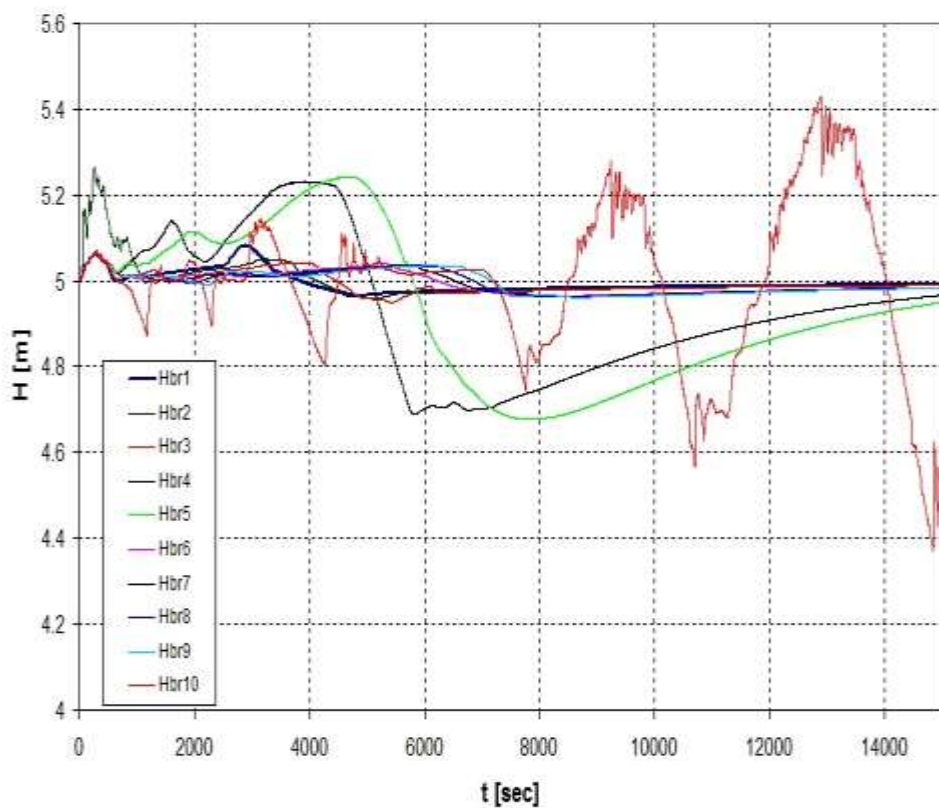
Rezultati



- Model 4

Nivo u preseku uz prelivni objekat

Izlazni hidrogrami

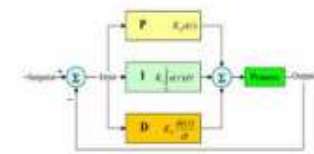




Zaključak

- Iskorišćavanje hidrenergetskog potencijala kaskadnim HES
- Kaskadni HES skupi pa treba pravilno upravljati
- Ispitivani algoritam daje dobre rezultate u održavanju nivoa, mane su ograničenja u brzinama manevrisanja prelivnim uredjajima
- Bitno je odrediti odgovarajuće K_p , K_i i ω
- Naredna istraživanja: optimizacija upravljanja sa stanovišta $maxE$ i zaštite od poplava, uvođenje feedforward-a sa više uzvodnih HE,...

Master rad



GRAĐEVINSKI FAKULTET UNIVERZITETA U BEOGRADU
INSTITUT ZA HIDROTEHNIKU I
VODNO EKOLOŠKO INŽENJERSTVO

Primer upravljanja mini hidroenergetskim sistemom

Kandidat:

Miloš Milašinović

Mentor:

Prof.dr Dušan Prodanović