

Kristina Pandžić, mag. ing. el. techn. inf.

mentor: prof. dr. sc. Igor Kuzle,

Sveučilište u Zagrebu Fakultet elektrotehnike i računarstva

## 1. Uvod

Ravnoteža proizvodnje i potrošnje električne energije mora biti u svakom trenutku zadovoljena. U sustavu s povećanim udjelom obnovljivih izvora energije manje je upravljivog proizvodnog kapaciteta na raspolaganju operatoru sustava, a spremnici energije pojavljuju se kao potencijalno rješenje.

Izazovi u modeliranju spremnika:

- tehničke mogućnosti spremnika (nelinearnost punjenja i pražnjenja, stanje napunjenoosti, životni vijek),
- ograničena količina energije (određeni vremenski period ovisi o prethodnom režimu rada i budućim planovima),
- predstavljanje nesigurnosti,
- pitanje vlasništva,
- nastup na energetskim tržištima.

## 2. Opis problema

Razmatra se investicijski problem u kojem operator sustava ulaze u vodove i spremnike energije dok istovremeno privatni investitor ulaze u spremnike energije. Svojim odlukama, operator sustava i privatni investitor utječu jedan na drugoga.

Razlika između spremnika energije u vlasništvu operatora sustava i privatnog investitora je u upravljanju. Dok operator sustava koristi svoje spremnike za povećanje protočnosti mreže, privatni investitor ga koristi za maksimizaciju svog profitu.

U istraživanju se zauzima pozicija operatora sustava koji prilikom optimizacije svojih ulaganja anticipira odluke privatnog investitora.

## 3. Metodologija

Postavljen je trorazinski model u kojem je problem gornje razine investicijski problem operatora sustava (razmatraju se ulaganja u vodove i spremnike energije), problem srednje razine je investicijski problem privatnog investitora s ciljem maksimizacije profitu, dok je problem donje razine simulacija čišćenja dan-unaprijed tržišta.

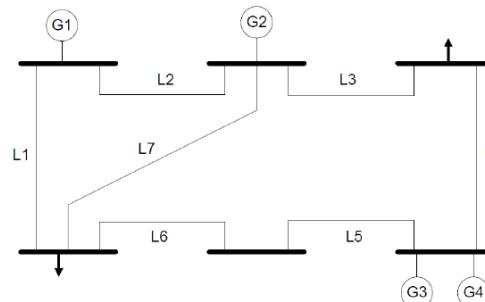
Trorazinski model rješava se razvijenim iterativnim C&CG (eng. *column-and-constraint generation*) algoritmom.

Nelinearni optimizacijski problemi lineariziraju se korištenjem Karusch-Kuhn-Tuckerovih uvjeta i teorema stroge dualnosti.



## 4. Rezultati

Tablica prikazuje iteracije razvijenog C&CG algoritma za rješavanje trorazinskog investicijskog modela za planiranje spremnika. Operator sustava u prvoj iteraciji ulaze u vodove te spremnik veličine 80 MWh na sabirnici 4. Algoritam zatim uzima u obzir odluke privatnog investitora. U krajnjoj iteraciji operator sustava ulaze u vodove, a privatni investitor u spremnik iste veličine i na istoj lokaciji, uz postignuto veće društveno blagostanje.



Ilustrativna studija slučaja

Iteracija	Blagostanje GR (\$)	Prijenosni vodovi	Spremnici (MWh)	Blagostanje DR (\$)	Privatni spremnici (MWh)
1	731 250 000	L3, L7	80 (n4)	744 888 224	40 (n4), 30 (n6)
2	744 990 000	L3, L7	4 (n3), 10 (n4)	743 960 314	20 (n5), 60 (n6)
3	743 880 000	L3, L7	-	745 647 310	80 (n4)
4	745 647 310	L3, L7	-		

Opis modela i rezultati dostupni su na poveznici:



## 5. Zaključak

1. Čak i pri niskom trošku spremnika energije, operator sustava prije ulaze u prijenosne vodove zbog njihova duljeg životnog vijeka.
2. Privatni investitori ulazu u dijelovima mreže s promjenjivim cijenama i gdje operator sustava ne može dovoljno povećati društveno blagostanje i opravdati ulaganja.
3. Na povećanje društvenog blagostanja najviše utječu ulaganja u prijenosne vodove.
4. Investicije privatnih investitora povećavaju društveno blagostanje i time smanjuju vrijednost reguliranog spremnika energije. U slučaju kad operator sustava može ulagati isključivo u spremnike energije, privatne investicije će prevladati.
5. Investicije privatnih investitora ovise o minimalnom zahtijevanom profitu koji u ovoj studiji iznosi 15%.

## 6. Zahvala projektu

Rad je dio projekta FENISG – Flexible Energy Nodes in Low Carbon Smart Grid koji je financirala Hrvatska zaklada za znanost kroz potporu br. 7766.