

OPTIMIZACIJA NAPONSKE REGULACIJE OGRANIČAVANJEM RADNE SNAGE FOTONAPONSKIH ELEKTRANA U NISKONAPONSKIM MREŽAMA METODOM UMJETNIH KOLONIJA PČELA

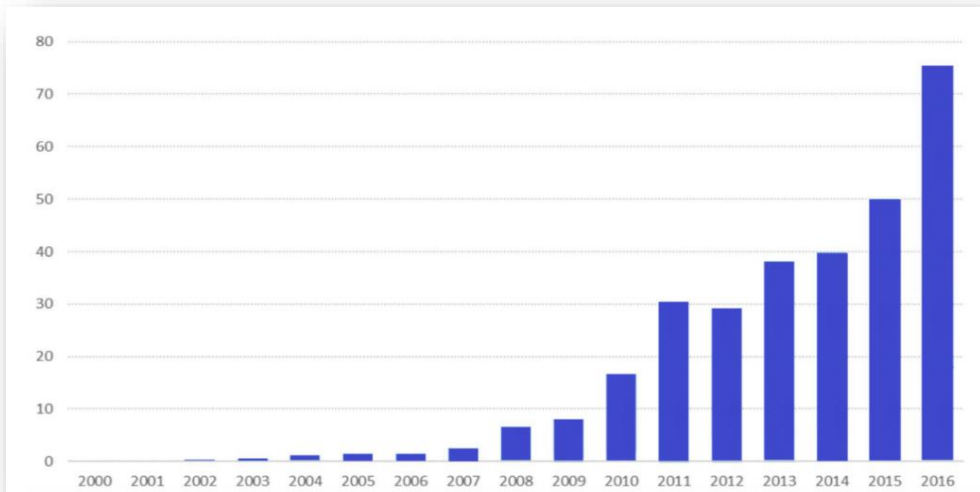
dr.sc. Tomislav Alinjak, dipl.ing.el.

prof.dr.sc. Ivica Pavić, dipl.ing.el.

prof.dr.sc. Marinko Stojkov, dipl.ing.el.

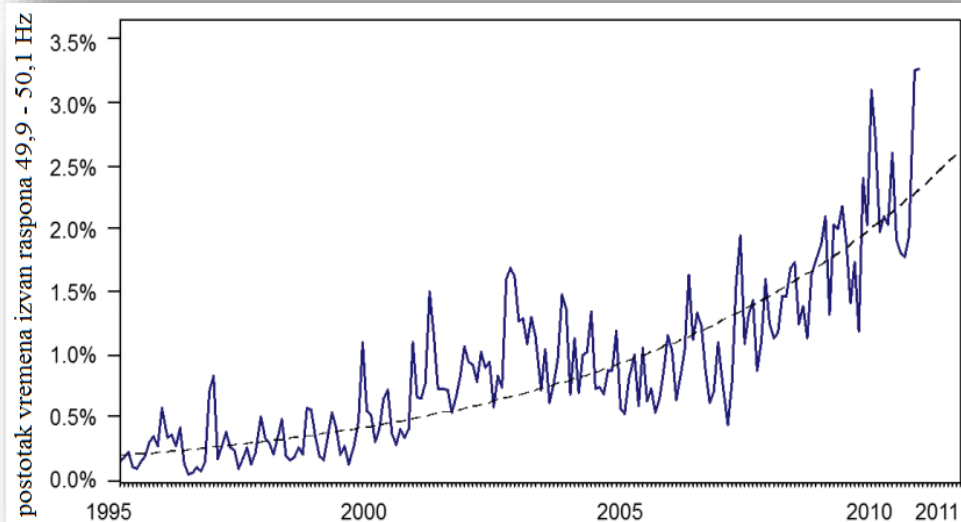
mr.sc. Kruno Trupinić, dipl.ing.el.

Svjetski trend porasta fotonaponskih elektrana



Prikaz godišnjeg povećanja ukupne instalirane snage FNE u svijetu u razdoblju od 2000. do 2016. godine *

* izvor: <https://www.greentechmedia.com/articles/read/iea-global-installed-pv-capacity-leaps-to-303-gw#gs.FT9Rx7s>

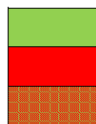


Postotak vremena odstupanja frekvencije izvan okvira 49,9 Hz i 50,1 Hz u prijenosnim sustavima ENTSO-e za razdoblje 1995. – 2011. godine *

* izvor: Supporting Document for the Network Code on Load-Frequency Control and Reserves, ENTSO-e, 28.06.2013.

Pregled metoda naponske regulacije

	Pojačanje mreže	Transformator s automatskom regulacijom	Upravljanje potrošnjom	Spremnici energije	Regulacija jalove snage u izmjenjivaču	Regulacija radne snage u izmjenjivaču	Centralizirana regulacija radne snage na mjestu priključenja
Njemačka							
Španjolska							
Češka							
Italija							

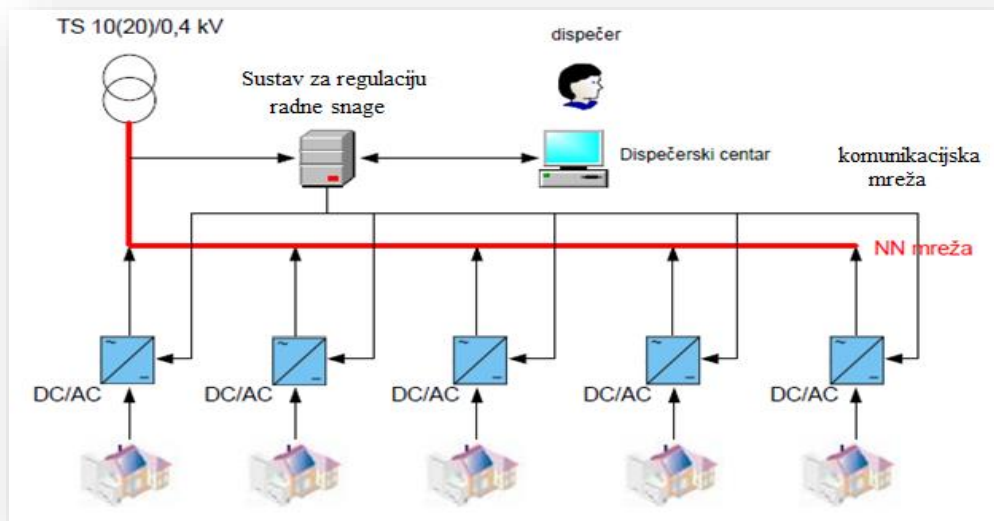


Rješenje je tehnički i zakonski primjenjivo

Rješenje zahtjeva zakonske promjene

Rješenje je tehnički primjenjivo u potpunosti, a zakonski djelomično

Pregled tehničke i zakonske primjenjivosti metoda naponske regulacije u niskonaponskim mrežama s velikim udjelom fotonaponskih elektrana



Koncept sustava za centralni nadzor i regulaciju radne snage fotonaponskih elektrana

Metoda umjetnih kolonija pčela

- Inspiracija u ponašanju pčelinjeg roja u procesu prikupljanja hrane
- Kolonija (roj) pčela:
 - Matica
 - Trutovi
 - Radilice
 - Izviđači
 - nasumično pretražuju cvjetove u potrazi za izvorima hrane
 - Pri povratku izvode pčelinji ples kojim prenose informacije o kvaliteti izvora
 - Promatrači
 - ocjenjuju kvalitetu izvora na temelju pčelinjeg plesa
 - Zaposlene pčele (sakupljači)
 - na temelju informacija o kvaliteti izvora odlaze skupljati nektar
- Vrlo učinkovita metoda za rješavanje višedimenzijskih optimizacijskih problema

Matematička formulacija problema

- Definiranje funkcija cilja

1.

$$FUNKCIJA\ CILJA = \max \sum_{i=1}^D P_i$$

2.

$$FUNKCIJA\ CILJA = \min \sum_{i=1}^n (I_i^2 \cdot Z_i)$$

- Uvjeti:

- 1) Naponi u svim čvorištima razmatrane mreže:

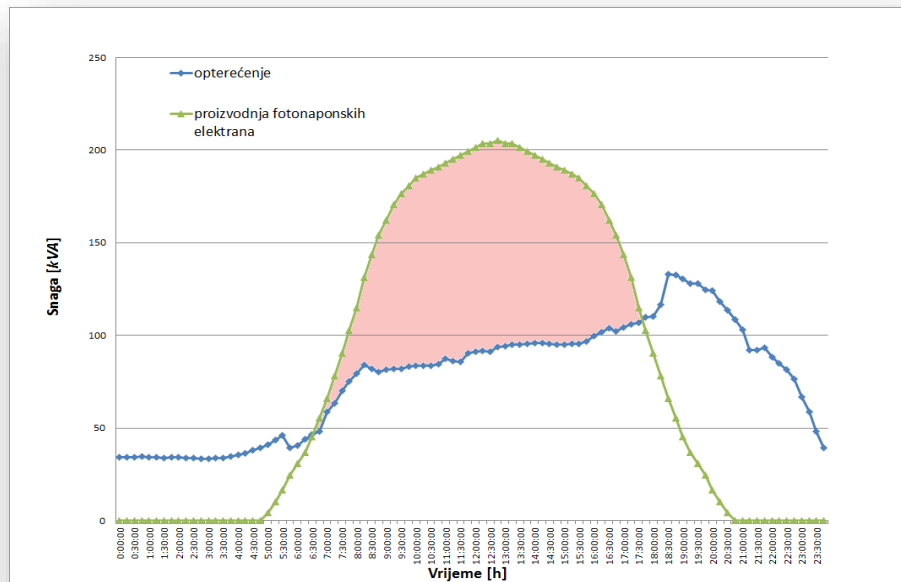
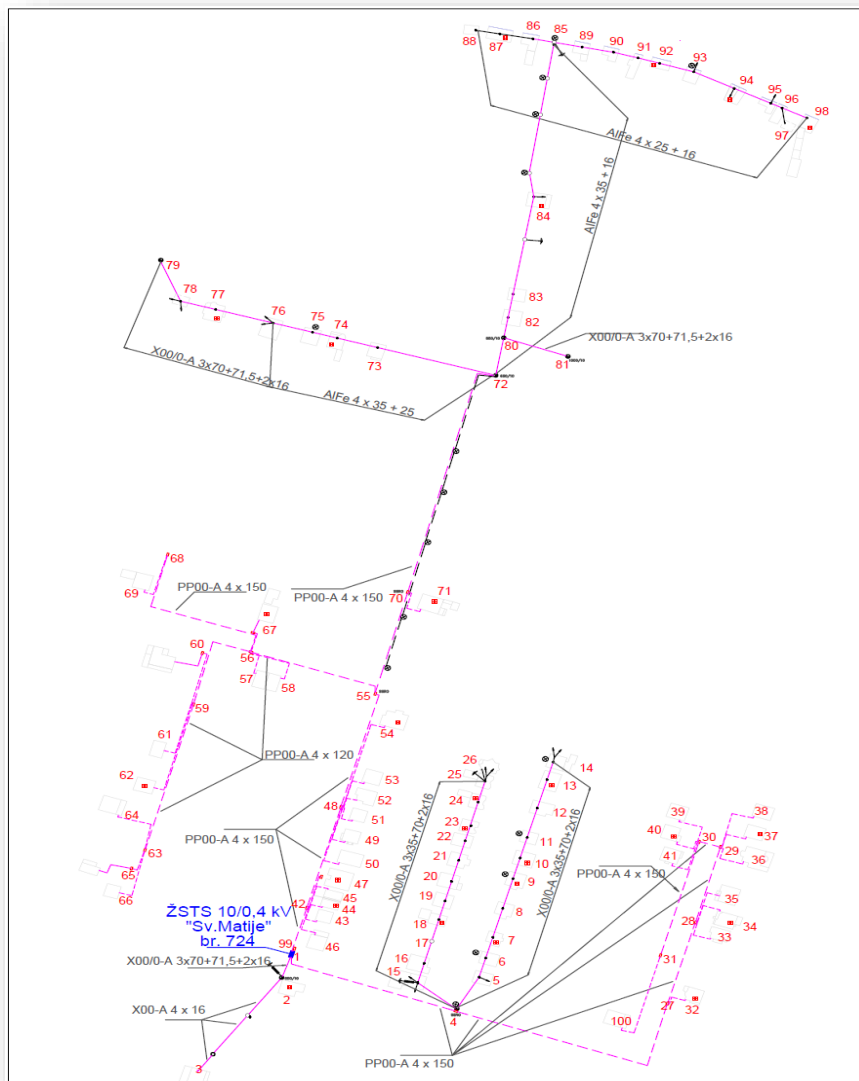
$$U_{\min} \leq U_i \leq U_{\max}, \quad i=1, \dots, n$$

- 2) Snage svih elektrana

$$P_{\min\ gj} \leq P_{gj} \leq P_{\max\ gj}, \quad j = 1, \dots, k$$

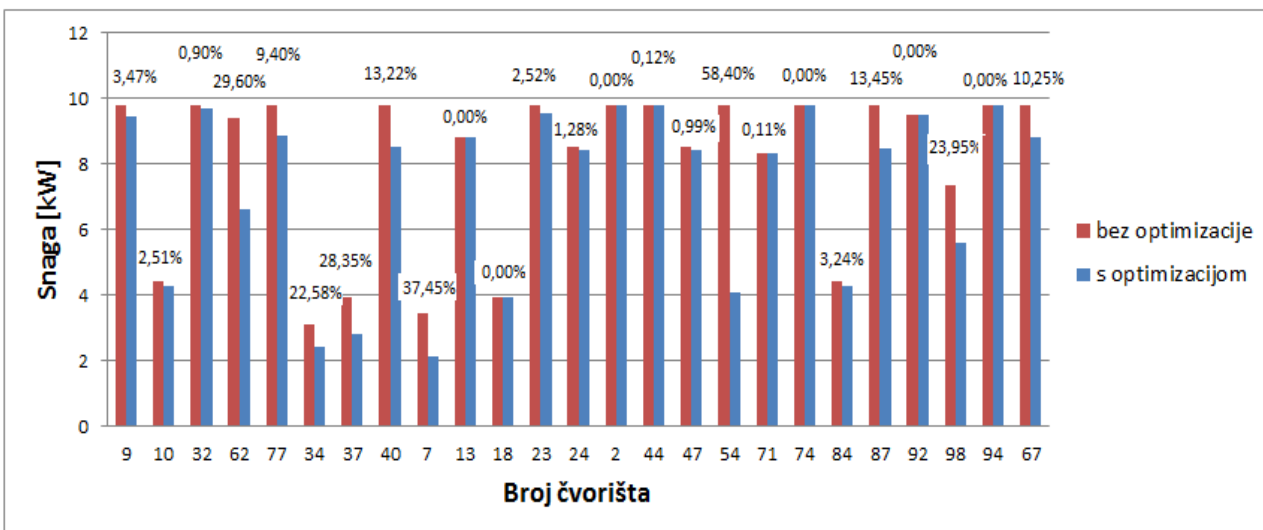
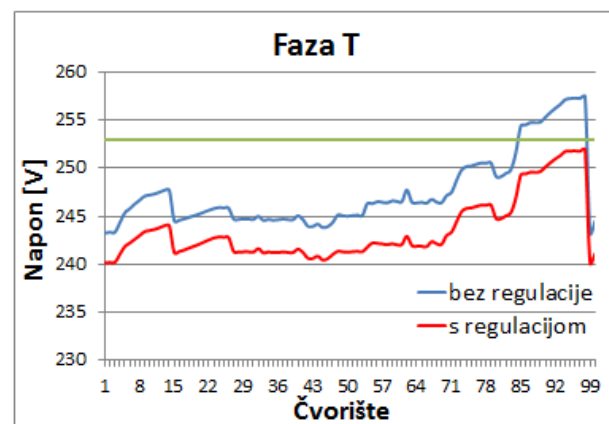
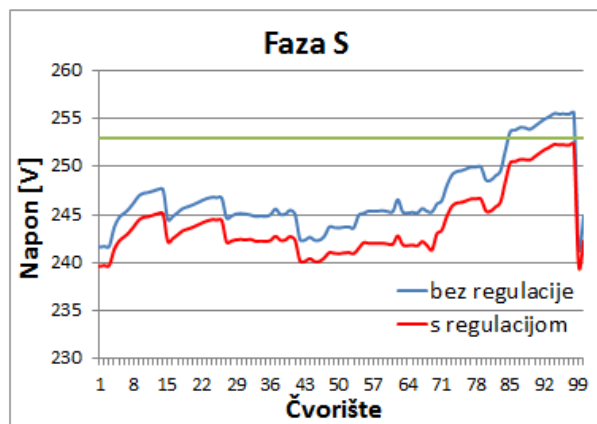
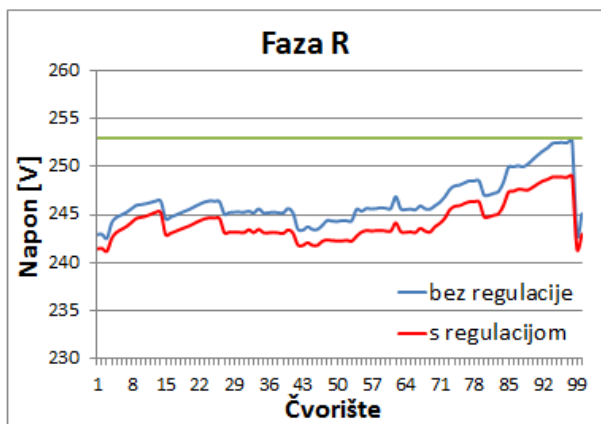
- Nesimetrično opterećenje -> trofazni model mreže

Analiza rezultata proračuna



- Ukupna priključna snaga FNE:
205,40 kW
- Maksimalno opterećenje:
133,01 kVA
- Minimalno opterećenje:
33,62 kVA

Analiza rezultata proračuna

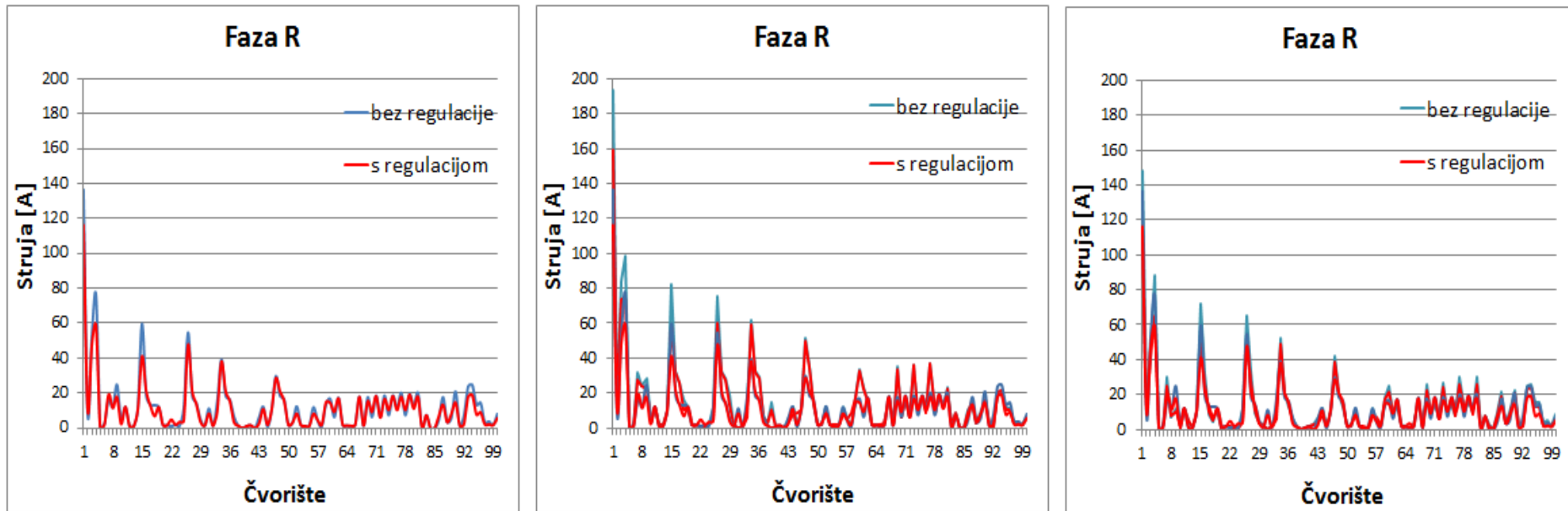


- Ukupna trenutna proizvodnja:
201,29 kW
- Optimalna trenutna proizvodnja
182,24 kW
- Ukupno ograničenje:
9,47 %

Zaključak

- U budućnosti se predviđa povećanje udjela OIE, a ponajviše FNE i vjetroelektrana.
- Zbog fluktuirajuće proizvodnje predstavljaju velik izazov za održavanje stabilnosti EES.
- Tehnički nije moguće priključiti veći udio takvih izvora bez uvođenja naprednih tehnologija upravljanja.
- Primjenom predloženog modela, unatoč odbacivanju dijela proizvedene energije, ostvaruju se sljedeće koristi:
 - Povećanje kapaciteta mreže za priključenje veće instalirane snage fotonaponskih elektrana
 - Smanjenje tehničkih gubitaka u mreži
 - Održavanje napona ispod gornje dozvoljene granice
 - Minimizacija proizvedene energije koja se ne može predati u mrežu
 - Fleksibilnost modela pri odabiru granica optimizacije

1. Možete li, radi cjelovitosti, preciznije opisati rezultate Vašeg istraživanja s naglaskom na utjecaj optimizacije na tokove snaga odnosno strujna (termička) opterećenja i gubitke koji su također uvjetovani optimizacijom naponskih prilika.



Strujna opterećenja po granama

Analiza gubitaka u promatranom trenutku (13:30 h)

- Ukupno trenutno opterećenje: 95,18 kVA
- Gubici u mreži bez proizvodnje: 2,15 kVA (2,26%)
- Gubici u mreži bez regulacije
izlazne snage FNE: 2,84 kVA (2,99%)
- Broj čvorišta s $U > 253$ V: 14
- FNE kod kojih bi proradila $U >$: 87, 92, 94, 98
- Gubici u mreži s regulacijom
izlazne snage FNE: 2,15 kVA (2,23%)
- Smanjenje gubitaka: 25,41%

Hvala na pažnji!

Pitanja?