

Marko Vukobratović
vukobratovic@etfos.hr

Damir Šljivac
sljivac@etfos.hr

Hrvoje Glavaš
hrvoje.glavas@etfos.hr

Elektrotehnički fakultet Osijek

Ivica Petrović
HEP-OPS d.o.o. PrP Osijek
ivica.petrovic@hep.hr

UTJECAJ MALIH DISTRIBUIRANIH PROIZVOĐAČA NA ELEKTROENERGETSKI SUSTAV

SAŽETAK

U radu se nastoji definirati pozitivan utjecaj distribuirane proizvodnje na elektroenergetsku mrežu. S tim u skladu učinjeno je više iteracija simulacija i proračuna koji su poslužili u svrhu utvrđivanja utjecaja malih fotonaponskih sustava na strujne i naponske prilike elektroenergetske mreže. Dosadašnji odnos prema distribuiranoj proizvodnji bio je zauzimanje negativnog stava prema, uvjetno rečeno, uljezu u elektroenergetskom sustavu čije se djelovanje ograničavalo strogim pravilima koja su trebala spriječiti nepovoljan utjecaj distribuirane proizvodnje na elektroenergetski sustav.

Međutim, uzmu li se u obzir inozemna praktična iskustva mogu se primijeniti modeli rada elektroenergetskog sustava sa razgranatom distribuiranom proizvodnjom kod kojih se distribuirani proizvođači koriste za vođenje sustava.

Ključne riječi: distribuirana proizvodnja, vođenje elektroenergetskog sustava, fotonaponski sustavi

SUMMARY

This paper defines positive impact of a distributed generation on a electric grid. Accordingly, some simulations and calculations were made from which results were used to determine the influence of small scale PV systems on a voltage situation in a grid. The attitude taken so far for the distributed generation was taking the negative stance towards, in manner of speaking, the intruder in the network whose operation was limited by strict rules which should prevent possible negative influence of distributed generation.

Although, if we consider the foreign practical experience, models that allow the guidance of the electric power system by distributed generation can be used.

Key words: distributed generation, electric power system, PV system

1. UVODNA RAZMATRANJA

Uvriježeno viđenje elektroenergetskog sustava podrazumijeva velike elektrane u sustavu oko kojih se gradi zahtjevna prijenosna i distributivna mreža. Distribuirana proizvodnja, za razliku od uobičajenog pristupa, znači proizvodnju električne energije energetski i geografski bliže potrošačima s čime se postiže smanjenje gubitaka prijenosa i distribucije električne energije. U sve popularnijem širenju malih sustava za proizvodnju električne energije, poput sunčevih elektrana ili malih vjetro elektrana, sve je teže predvidjeti mjesto sljedećeg priključka i pripremiti distributivnu mrežu tome. Izvedbom simulacija i proračuna pokušao se utvrditi utjecaj malih fotonaponskih sustava na strujne i naponske prilike elektroenergetske mreže.

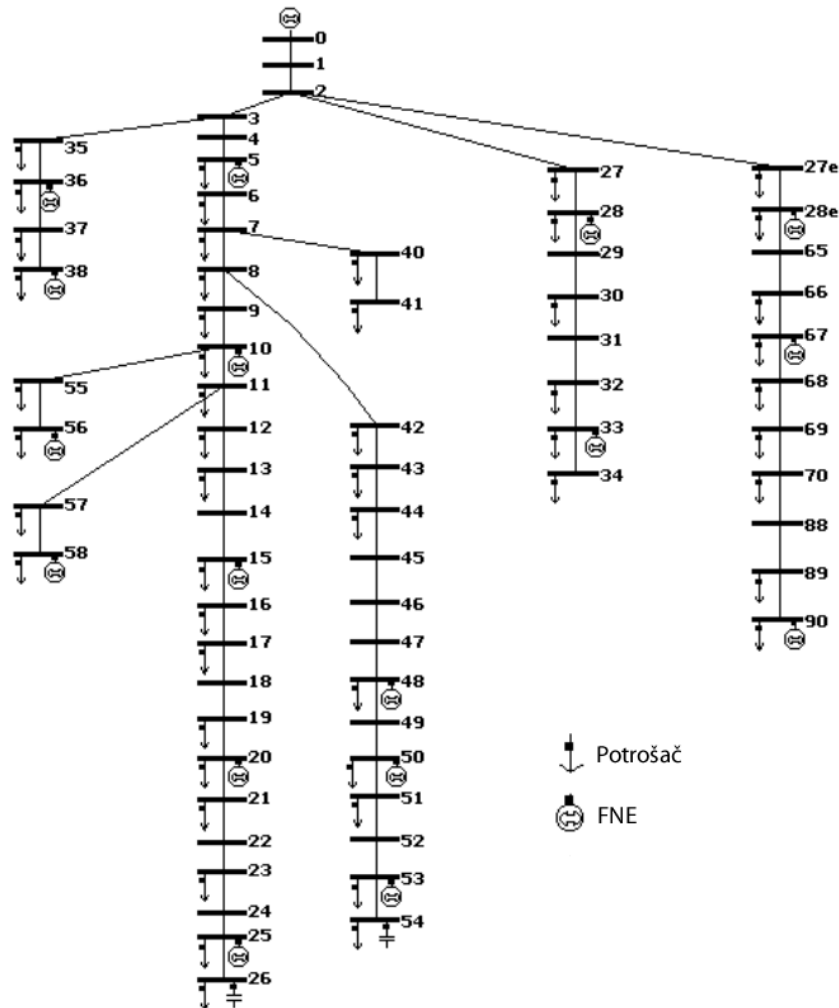
Uzimajući u obzir inozemna praktična iskustva mogu se primijeniti modeli rada elektroenergetskog sustava sa razgranatom distribuiranom proizvodnjom kod kojih se distribuirani proizvođači koriste za vođenje sustava. Tako se njima upravlja krivuljom opterećenja velikih elektrana, regulacijom napona, rasterećuju se vodovi i transformatorske stanice. Također, kada nema prijenosa velikih snaga smanjuju se i gubici što se pozitivno odražava na financijski aspekt uključenih tijela.

Na primjeru fotonaponskog sustava biti će pokazano kako se manipulacijom faktorom snage jednog distribuiranog proizvođača može utjecati na navedene veličine elektroenergetskog sustava. Poznato je kako se napon može regulirati promjenom aktivne i reaktivne komponente, što je kod fotonaponskih sustava prilično jednostavno izvesti. Faktor snage kojom funkcionira proizvodno postrojenje može se bez posebnih zahvata regulirati i do 0.85, što svakako ne treba zanemariti. Dakako, takvo funkcioniranje malih fotonaponskih sustava mora biti unaprijed dogovoreno sa pripadajućim operatorom distributivnog sustava te se moraju zadovoljiti zahtjevi svih uključenih strana.

Dakako, razvojem distribuirane proizvodnje postižu se mnogi pozitivni rezultati u smanjivanju emisije stakleničkih plinova iz konvencionalnih elektrana na fosilna goriva, povećanju konkurentnosti na budućem tržištu i mnogi drugi ekonomski aspekti koji neće biti detaljno opisivani u radu.

2. Modeliranje sustava i uvjeta pogona

Za potrebe razmatranja modeliran je sustav sa 69 sabirnica prema slici 1. Na slici se mogu uočiti položaji predviđenih fotonaponskih elektrana, potrošača, smještaj sabirnica i njihov raspored.

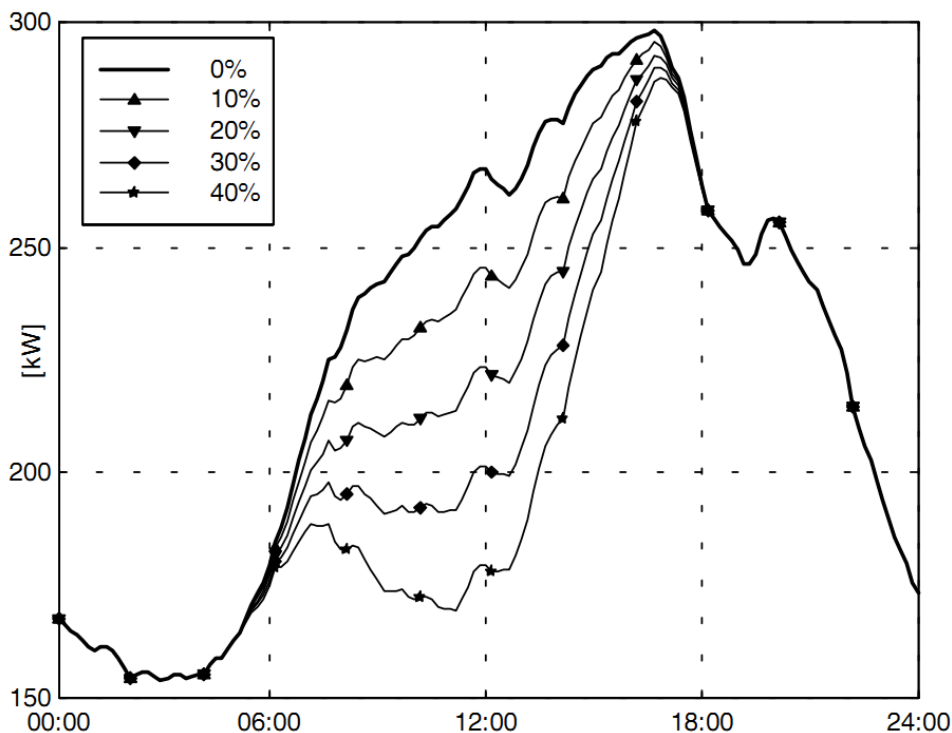


Slika 1. Modeliran sustav za potrebe proračuna

Prema proračunu najniži napon je na sabirnici 54 i iznosi 0,94 p.u. uz velika opterećenja i za vrijeme sunčanog ljetnog dana. Analizom osjetljivosti pokazalo se kako su sabirnice 26 i 54 pogodne za uporabu bloka 0,3 MVar kojim se upravlja lokalno.

Fotonaponski sustavi distribuirani po simuliranom sustavu svojom proizvodnjom povoljno utječu na faktor snage lokalnog dijela sustava. Nazivne snage pojedinih fotonaponskih elektrana modelirane su tako da ne prelaze 40% snage potrošača na sabirnicama na koje su priključeni.

Na slici 2 prikazano je kretanje djelatne snage na sabirnici 53 prilikom raznih razina proizvodnje pripadajuće fotonaponske elektrane. Prethodno je navedeno kako 40% snage na sabirnici po modelu predstavlja nazivnu proizvodnju fotonaponske elektrane.



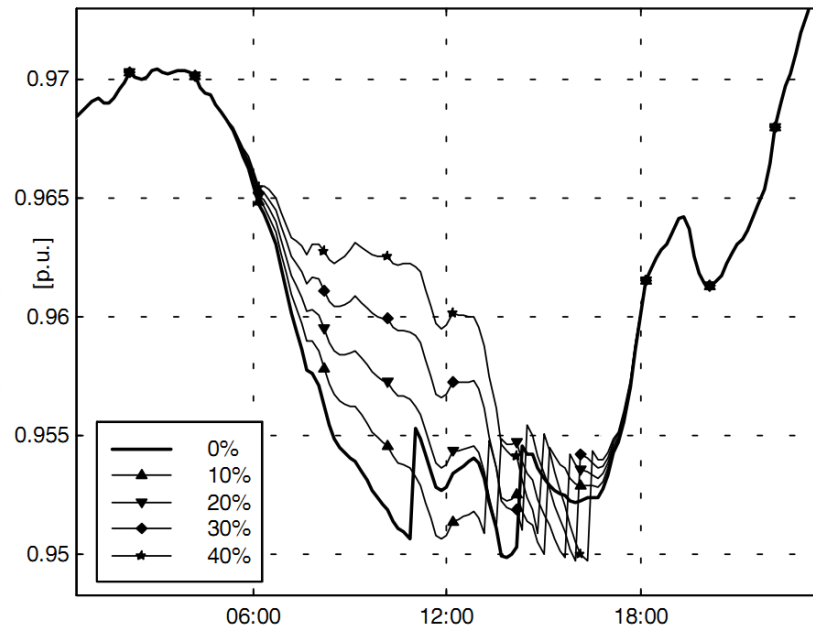
Slika 2. Djelatna snaga na sabirnici 53 za različite razine proizvodnje pripadajuće FNE

U idealnim uvjetima krivulja potrošnje poklapala bi se sa krivuljom proizvodnje u fotonaponskim elektranama na način da kako raste potrošnja od jutarnjih sati da raste i proizvodnja u fotonaponskim elektranama. Međutim, u realnom pogonu postoje određeni nerazmjeri u proizvodnji iz fotonaponskih elektrana i porasta potrošnje, a za potrebe proračuna pretpostavilo se kako je najveća potrošnja i kasnim poslijepodnevним satima kada fotonaponske elektrane, za razliku od podneva, ne mogu dati svoju nazivnu snagu.

Bez korištenja fotonaponskih elektrana baterije (kondenzatori) uključivali su se već u jutarnjim satima, no međutim, čak i kada fotonaponska elektrana proizvodi samo 25% svoje nazivne snage, napon je na zadnjoj sabirnici održan iznad 0,95 p.u. Pretpostavimo li porast potrošnje u kasnim poslijepodnevним satima fotonaponske elektrane ne mogu taj događaj popratiti svojom proizvodnjom te se kompenzacijske baterije moraju koristiti i u tom slučaju.

Ipak, za model u kojem se krivulja potrošnje i krivulja proizvodnje iz fotonaponskih elektrana cjelovitije poklapaju (vrhunac obje je oko podneva) utjecaj takve distribuirane proizvodnje je višestruko povoljniji. Naponska razina je konstantno tijekom dana iznad 0,95 p.u., čak i kada je proizvodnja iz fotonaponske elektrane tek 25%. Proizvodnja od 25% namjerno je modelirana uz ostale vrijednosti (50%, 75%, 100%) kako bi se pretpostavili nepovoljni uvjeti poput oblačnog dana i slično.

Slika 3 prikazuje kretanje razine napona na sabirnici 53 s porastom proizvodnje iz fotonaponske elektrane.

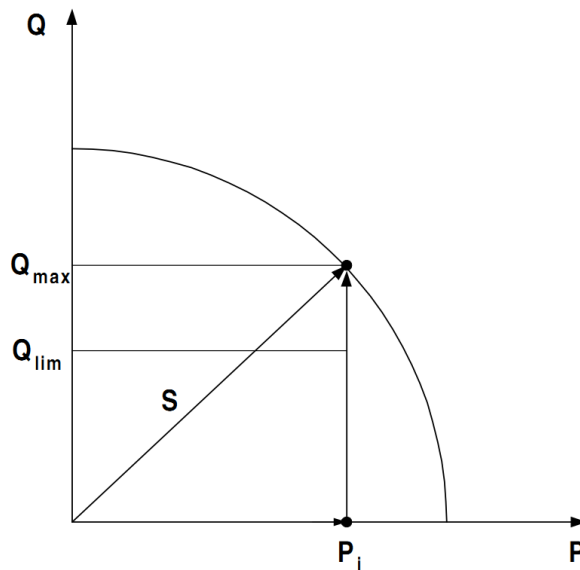


Slika 3. Naponska razina na sabirnici 53 za različite razine proizvodnje pripadajuće FNE

2.1. Mogućnosti regulacije

Fotonaponski sustavi modelirani su idealne orijentacije prema jugu, nagiba od 34 stupnja, bez mogućnosti praćenja kretanja Sunca i nazivne snage za početna razmatranja 1kW. U obzir su uzeti gubici zasjenjenja i zaprašivanja (7%), istosmjernog voda (2%), izmjenjivača (6%) te ostali gubici od (10%). Vrijednosti sunčevog zračenja preuzeti su javno dostupnog servisa pod nazivom PVGIS © European Communities, 2001-2008 i to iz osvježene baze podataka. Satne vrijednosti proizvodnje linearno su interpolirane kako bi se dobila krivulja proizvodnje fotonaponske elektrane.

Pretvarači pretpostavljeni u modelu su pretvarači napona, a ne struje što je uobičajena praksa. Razlog tome je što želimo postići regulaciju jalove energije pomoću pretvarača, što je nemoguće postići sa uobičajenijim tipom. Način rada pretvarača prikazan je slikom 4.



Slika 4. Način rada pretvarača

Djelatna izlazna snaga izmjenjivača (P_i) određena je ulaznom snagom na priključnicama izmjenjivača i njegovog učinkovitosti. Većina izmjenjivača izrađena je na način da u elektroenergetski sustav isporučuje isključivo djelatnu snagu. Ipak, ne postoji nikakva prepreka u njihovoj konstrukciji kako ne bi isporučivali i reaktivnu energiju. U Europi postoje rezultati određenih ispitivanja kod kojih je faktor snage izmjenjivača bio mijenjan između 0,65 do 0,85 kako bi se analizirali uvjeti rada kod takvog pogona. Zaključci doneseni takvim ispitivanjima ukazuju na značajnu mogućnost korištenja fotonaponskih sustava u regulaciji elektroenergetskog sustava s obzirom da su snage na ulazu i izlazu izmjenjivača uvijek manje od njegove prividne snage.

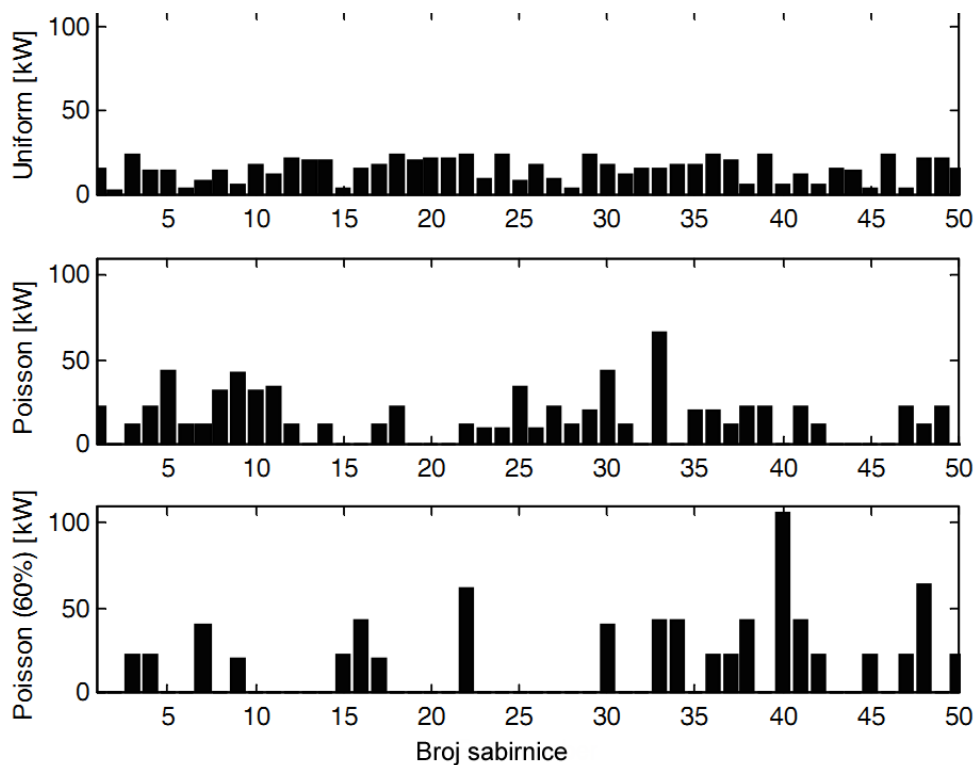
2.1.1. Određivanje mjesta priključka

Operater distribucijskog područja ne može unaprijed predvidjeti prostorni razmještaj budućih elektrana privatnih investitora. S time u skladu potrebno je za određeno područje, ukoliko je poznato da je iz nekog razloga zanimljivo za implementaciju distribuirane proizvodnje, predvidjeti mogući utjecaj različitih elektrana. Također, operater distribucijskog područja može sličnom metodom određeni lokalitet kategorizirati pogodnim za korištenje manjih elektrana, u ovom slučaju fotonaponskih sustava, ne bi li u tom području postigao bolje strujno-naponske prilike.

Za potrebe proračuna u modelirani sustav predviđeno je instaliranje fotonaponskih sustava do ukupne instalirane snage of 750 kW, što predstavlja otprilike 20% ukupne snage modeliranog sustava.

Određivanje položaja i pojedinačne snage svakog fotonaponskog sustava prvotno je učinjeno uniformnom podjelom elektrana duž cijelog modeliranog sustava. Posljedica takve podjele bila je relativno mala snaga fotonaponskog sustava na svakoj od sabirnica u sustavu. Zaključna razmatranja takvog slučaja pokazala su kako se mora pronaći bolji model raspodjele snaga i položaja fotonaponskih elektrana duž modelirane mreže. Razlog tomu je činjenica da su relativno male elektrane razmjerno neučinkovite i nemaju značajnijeg utjecaja na tipične pogonske vrijednosti, kao i činjenica da nije potrebna regulacija naponskog nivoa na svim sabirnicama.

Kao idealan model razdiobe elektrana odabrana je Poissonova razdioba. Njenom primjenom jednaka ukupna instalirana snaga fotonaponskih sustava raspoređena je na manji broj sabirnica, a ograničavanjem broja sabirnica sa instaliranim fotonaponskim elektranama na 60% od ukupnog broja sabirnica dobije se konačan rezultat instalirane snage po sabirnicama prikazanog slikom 5.



Slika 4. Raspodjela fotonaponskih elektrana po sabirnicama

3. REZULTATI IZRAČUNA

Rezultati izračuna dani su za sve varijante koje je moguće izraditi ovim modelom. S tim u skladu u tablici I. dani su rezultati za sve tri varijante razdiobe kao i za sve mogućnosti rada izmjenjivača. Prikazane su aritmetičke srednje vrijednosti dobivene proračunom.

Tablica I. Rezultati izračuna

Ukupna instalirana snaga u modelu: 750 kW		Gubici		Potrošnja iz swing sabirnice		Uključivanja komp.
		P [%]	Q [%]	P [%]	Q [%]	P [%]
Uniformna razdioba	Bez Q	88,06	89,04	92,55	102,75	74,55
	Najveći Q do $\cos \varphi \geq 0,85$	85,67	86,82	92,51	91,98	67,20
	Najveći Q	79,98	81,32	92,42	46,33	46,01
Poissonova razdioba bez dodatnih kriterija	Bez Q	88,20	89,15	92,56	102,73	74,74
	Najveći Q do $\cos \varphi \geq 0,85$	85,81	86,92	92,52	91,91	67,76
	Najveći Q	80,30	81,58	92,42	46,15	46,92
Poissonova razdioba sa kriterijem 60% sabirnica	Bez Q	88,27	89,20	92,56	102,70	74,95
	Najveći Q do $\cos \varphi \geq 0,85$	85,85	86,95	92,52	91,82	68,55
	Najveći Q	80,84	82,01	92,43	45,17	47,82

4. ZAKLJUČAK

Priključak distribuirane proizvodnje može se, barem teoretski, realizirati u bilo kojem djelu mreže. Zbog nemogućnosti predviđanja takvih događaja prije nego što se pokrene privatna investicija teško je planirati razvoj mreže godinama unaprijed. Utjecaj distribuirane proizvodnje može se pozitivno iskoristiti za vođenje elektroenergetskog sustava i regulaciju strujno naponskih prilika u mreži.

Korištenjem sličnih načina analize budućeg mjesta priključka, poput načina opisanog referatom, moguće je unaprijed definirati određeno geografsko područje pogodnim za implementaciju distribuirane proizvodnje. Operater distribucijskog sustava tako ima mogućnost, prema pogonskim uvjetima određenog lokaliteta, stimulirati razvoj distribuirane proizvodnje na geografskoj cjelini za koju proračuni pokazuju pozitivne uvjete. Takva metodologija planiranja budućih lokacija distribuirane proizvodnje otvara niz mogućnosti za poticanje investicija, razvoj elektroenergetskog sustava i gospodarstva u cjelini.

5. LITERATURA

11. Master, Gilbert M., "Renewable and Efficient Electric Power Systems", Wiley-Interscience,, New Jersey, SAD, 2004.

11. Blaabjerg F., Chen Z., Baekhoej Kjaer S."Power Electronics as Efficient Interface in Dispersed Power Generation Systems", IEEE Transactions on power electronics, vol.19, n.5, 2004