

Mario Zadro dipl.ing.el
HEP – ODS d.o.o., Elektroslavonija Osijek
mario.zadro@hep.hr

UTJECAJ I VOĐENJE PARALELNOG POGONA MREŽE S OBZIROM NA VRSTU DISTRIBUCIJSKE ELEKTRANE

SAŽETAK

U skladu s europskim trendovima o povećanju obnovljivih izvora energije i u Republici Hrvatskoj u posljednjih par godina dolazi do velikog porasta broja malih elektrana. Na području distribucijskog područja "Elektroslavonija" u 2011. godini u rad su puštena dva proizvodna postrojenja koji kao primarni energent koriste biomasu.

U Tomašancima se nalazi bioplinsko proizvodno postrojenje nazivne snage 2 x 1 MW, i u Strizivojnoj proizvodno postrojenje koje kao primarni energent koristi krutu biomasu iz drveno-prerađivačke industrije snage nazivne 2,2 MW. U ovom referatu će biti opisana prva iskustva i zapažanja o paralelnom vođenju pogona, te utjecaj proizvodnih postrojenja na distributivnu mrežu.

Ključne riječi: paralelni pogon, proizvodno postrojenje, naponske prilike, isporučena energija

INFLUENCE AND PARALLEL OPERATION NETWORK CONSIDERING TYPE OF DISTRIBUTION POWER PLANT

SUMMARY

In accordance to the European trends of increasing renewable sources of energy in Republic of Croatia in the last few years there is large increase in number of small power plants. On the territory of distribution area of "Elektroslavonija" in the year 2011 two generation systems were put into operation which use as a primary source biomass.

In Tomašanci there is biogas generation system whose rated power is 2 x 1MW, in Strizivojna generation system uses solid biomass as a primary source from wood-processing industry rated power 2,2 MW. In this report there will be described first experiences and observations of parallel operation, and the influence of generation system on distributive network.

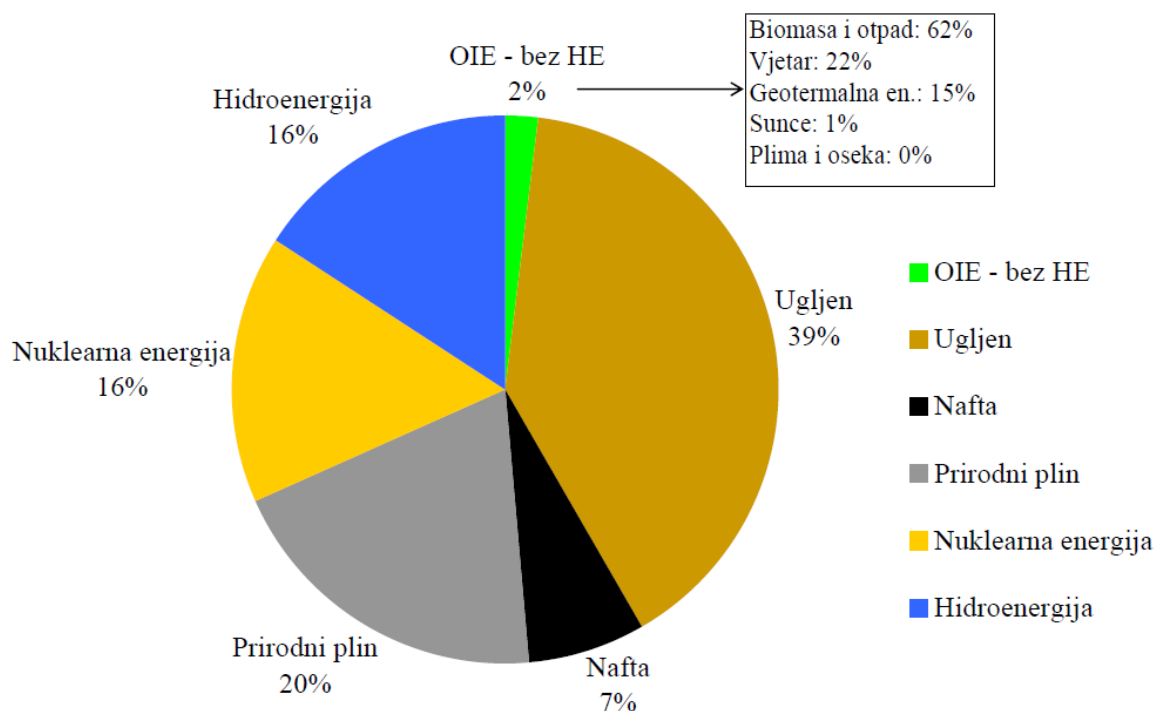
Key words: parallel operation, generation system, voltage conditions, delivered energy

1. UVOD

1.1. Trenutni trendovi proizvodnje električne energije iz obnovljivih izvora

Današnja geopolitička situacija koja u velikoj razini utječe na cijenu primarnih energenata (prvenstveno fosilnih goriva), očigledne klimatske promjene koje su posljedica efekta staklenika i razina svijesti građanstva o očuvanju okoliša, rezultiraju sve većim utjecajem i porastom udjela obnovljivih izvora energije u općenitoj energetske bilanci.

Na slici 1. prikazan je udio pojedinih izvora energije u svjetskoj proizvodnji električne energije. Iz dijagrama je vidljivo da se trenutno oko dvije trećine električne energije dobiva iz fosilnih goriva (ugljena 40 %, prirodnog plina 20%, i nafte 7%), dok su od ostalih izvora značajnije zastupljeni samo nuklearna i hidroenergija (udio 16%) i to uglavnom zbog konvencionalnih velikih hidroelektrana. Svi ostali, tj. nekonvencionalni izvori energije (ne uključujući hidroelektrane), zasada sudjeluju s nešto više od 2%, od čega je daleko najviše biomasa (62%), potom energija vjetra (22%) i geotermalna energija (15%). Izravno korištenje energije sunčevog zračenja, kao i plime i oseke u usporedbi s ostalim oblicima obnovljivih izvora energije gotovo je zanemarivo u ovom trenutku.

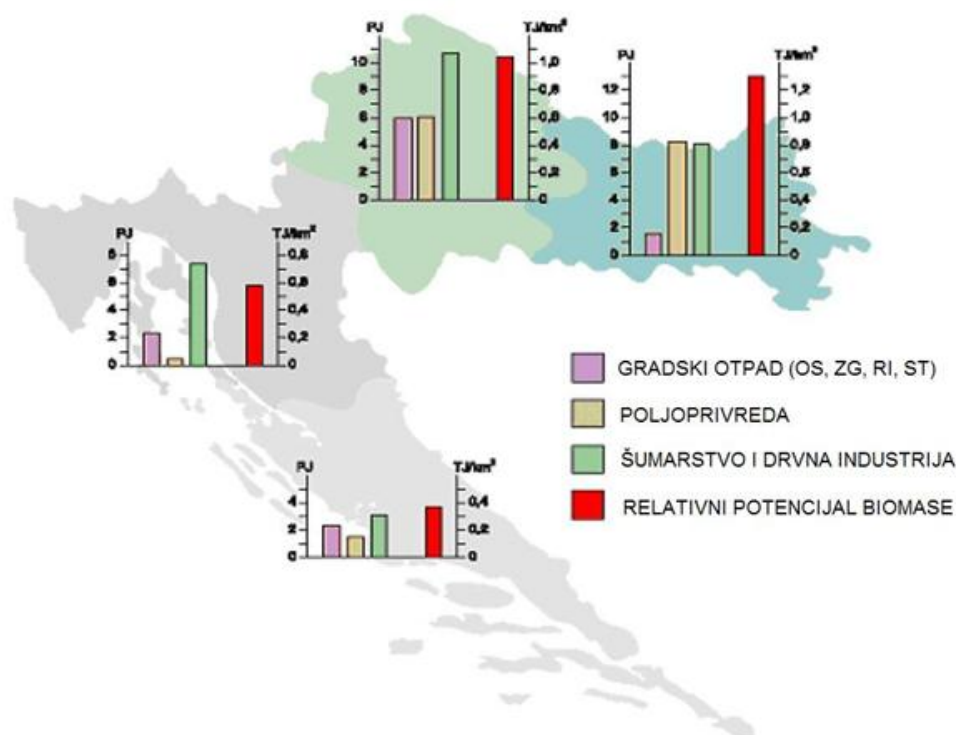


Slika 1. Udio pojedinih izvora energije u svjetskoj proizvodnji električne energije

Trenutno od svih nekonvencionalnih izvora energije biomasa je primarni energent za čak 62 % proizvodnje električne energije. Obzirom na gore navedenu činjenicu detaljnije će se sagledati potencijal biomase u Republici Hrvatskoj kao i prva iskustva o utjecaju i vođenju paralelnog pogona distribucijske mreže i proizvodnog postrojenja na bioplin, odnosno na biomasu.

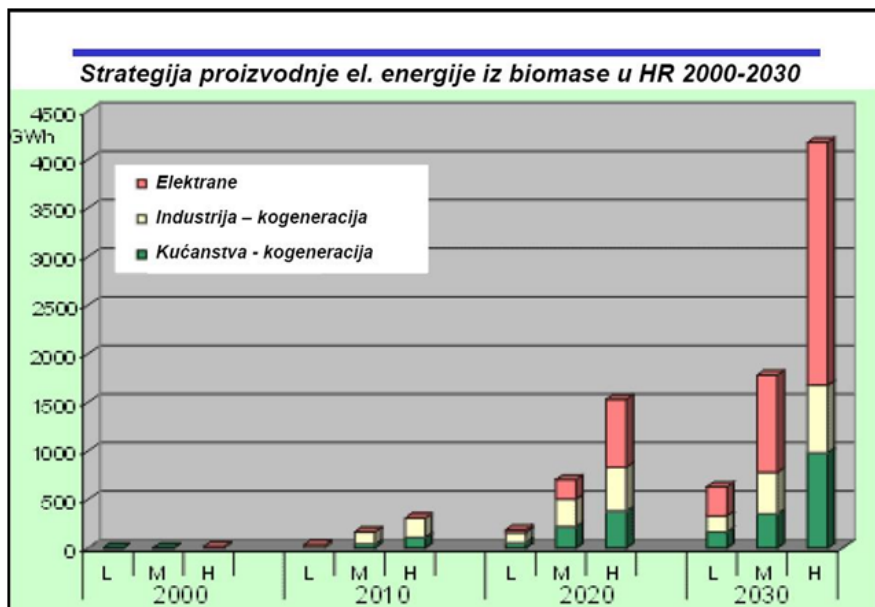
1.2. Energetski potencijal biomase u Hrvatskoj

Hrvatska ima velik šumski potencijal s gotovo 45% teritorija prekriven je šumom, ukupni godišnji prirast je 9.6 milijuna m³. Razvijenom drvnom industrijom te značajnim udjelom poljoprivrede i stočarstva u ukupnom gospodarstvu, to znači izvrsna osnova za proizvodnju energije iz biomase posebno u Slavoniji gdje je izražen potencijal poljoprivredne biomase.



Slika 2. Potencijal bioenergije u Hrvatskoj po regijama

Republika Hrvatska si je postavila cilj da 2020. godine iz biomase dobiva 26 PJ energije dio te biomase upotrebljavat će se u brojnim elektranama na biomasu ukupne snage od 85 MW. Zbog povećanja energetske učinkovitosti naglasak je na postrojenjima s kogeneracijom [1].



Slika 3. Strategija proizvodnje električne energije iz biomase

Na slici 2. vidljivo da najveći potencijal bioenergije je u Slavoniji, trenutno na distribucijskom području Elektroslavonije u pogonu su dva proizvodna postrojenja, u Tomašancima se nalazi bioplinsko proizvodno postrojenje nazivne snage 2 x 1 MW koje je u pogonu 15.07.2011., i u Strizivojnoj proizvodno postrojenje koje kao primarni energent koristi krutu biomasu iz drvno-prerađivačke industrije snage nazivne 2,2 MW. Trenutno u pripremi je još šesnaest projekata, od čega trinaest su bioplinska proizvodna postrojenja, a tri proizvodna postrojenja su na krutu biomasu iz drvno-prerađivačke industrije.

Nazivna snaga planiranih postrojenja iznosi 15,25 MW, kada se uzme u obzir da je vršno opterećenje DP-a Elektroslavonija u 2011. godini bilo 176 MW, znači da će distribucijska proizvodnja premašivati 10 % maksimalnog opterećenja.

2. PROIZVODNA POSTROJENJA U DISTRIBUCIJSKOJ MREŽI ELEKTROSLAVONIJE

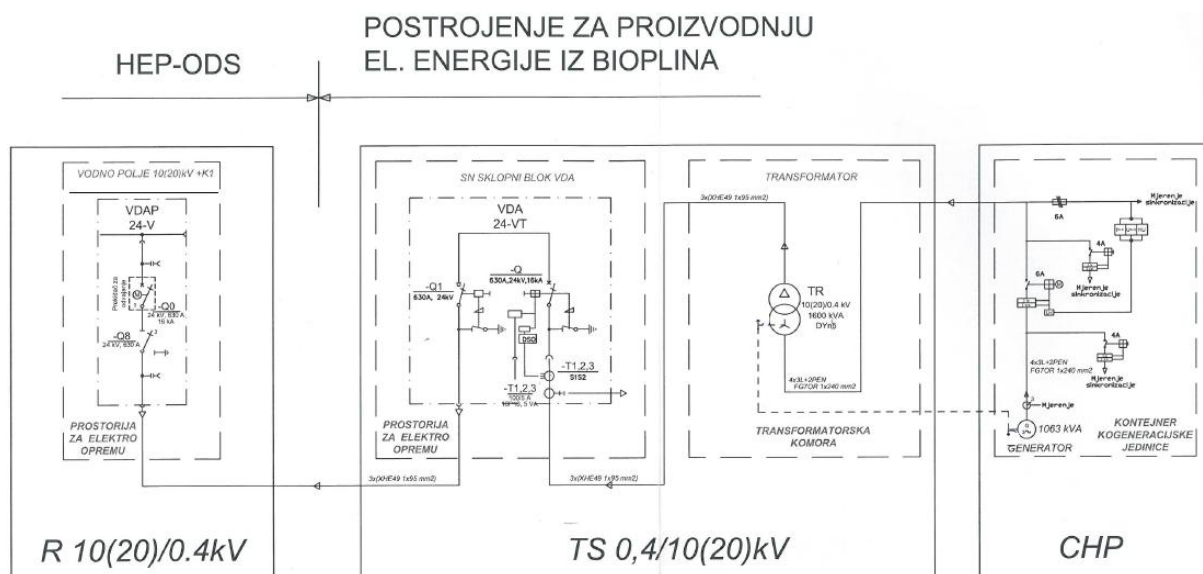
2.1. Bioplinско proizvodno postrojenje Tomašanci

Uz Farmu muznih krava Tomašanci d.o.o, nalazi se bioplinско proizvodno postrojenje (u daljnjem tekstu: BIOPLINSKA ELEKTRANA), s dvije proizvodne jedinice svaka snage od 1 MW. Mjesto priključenja BIOPLINSKE ELEKTRANE na srednjenaponsku mrežu 10 kV Operatora distribucijskog sustava u rasklopištu R 10(20)/0,4 kV Farma Tomašanci (u daljnjem tekstu: RASKLOPIŠTE) koje je izgrađeno pored Farme Tomašanci. Operator distribucijskog sustava nadležan je za upravljanje svim prekidačima, tropoložajnim sklopkama i rastavljačima za uzemljenje polja u RASKLOPIŠTU.

Elektrana mora biti opremljena za paralelni pogon s mrežom u uvjetima svih redovnih i izvanrednih pogonskih okolnosti bez nedopuštenoga povratnog djelovanja na distribucijsku mrežu i ostale korisnike mreže. Uvjete paralelnog pogona osiguravaju međusobno usklađene zaštite elektrane i distribucijske mreže. U slučaju odstupanja od propisanih uvjeta za paralelni pogon, zaštita mora odvojiti elektranu iz paralelnog pogona. Proradne vrijednosti zaštite moraju biti podešene tako da poslije odvajanja distribucijska mreža ostane u stabilnom pogonu [2].

Uključivanje elektrane sa sinkronim generatorima u paralelni pogon s distribucijskom mrežom zahtijeva uporabu uređaja za sinkronizaciju uz slijedeće uvjete:

- Razlika napona manja od $\pm 10\%$ nazivnog napona
- Razlika frekvencije manja od $\pm 0,5\text{Hz}$
- Razlika faznog kuta manja od ± 10 stupnjeva



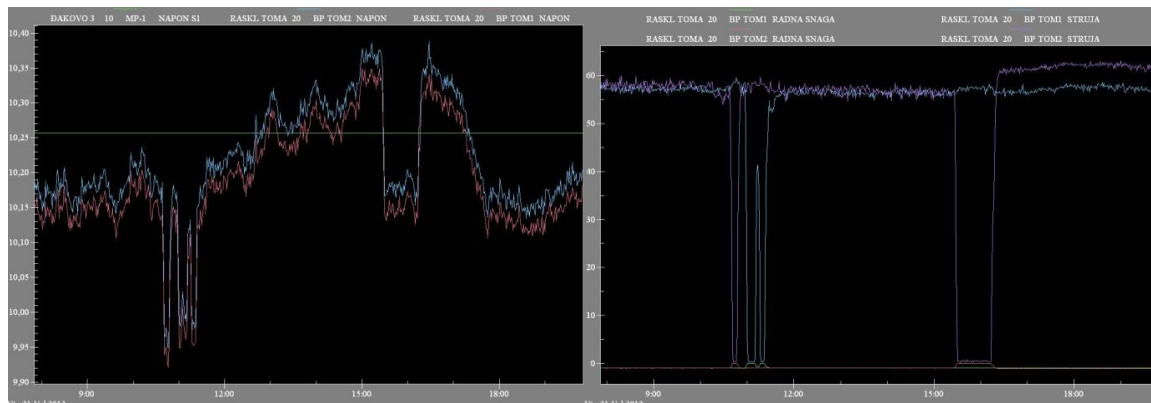
Slika 4. Prikaz razgraničenja između RASKLOPIŠTA i Bioplinскоg proizvodnog postrojenja Tomašanci 1(2)

Na slici 4. Prikazana je kogeneracijska jedinica u kojoj se nalazi sinkroni generator nazivne snage 1063 kVA, ukapčanje generatora na mrežu moguće je jedino preko uređaja za sinkronizaciju koji automatski uključuje generatorski prekidač na 0,4 kV naponu – kada su zadovoljeni uvjeti paralelnog rada.

Generator je spojen na blok transformator snage 1600 kVA, podiže napon s 0,4 kV na 10 kV, prije RASKLOPIŠTA se nalazi prekidač i tropoložajna rastavna sklopka koji pripadaju BIOPLINSKOJ ELEKTRANI. Energija BIOPLINSKE ELEKTRANE se predaje u mrežu preko RASKLOPIŠTA, gdje se nalazi obračunsko mjerenje.

Na slici 7. prikazani su dijagrami srednjih satnih vrijednosti snaga, transformatora TR5 20/10 kV u TS Đakovo 3 i zbroj oba biopliniska postrojenja. Negativan predznak nam pokazuje da se energija predaje na sabirnice, odnosno u mrežu, kako iz BIOPLINSKIH ELEKTRANA, tako i iz transformatora.

Kako je konzum, odnosno opterećenje TS Đakovo 3 relativno mali, imamo situaciju da u noćnim satima proizvodnja BIOPLINSKIH ELEKTRANA je konstantna na iznosu od 2 MW, a potrošnja padne pa dolazi do uzlazne transformacije na 10/20 kV napon, i uzlazne transformacije 20/110 kV.

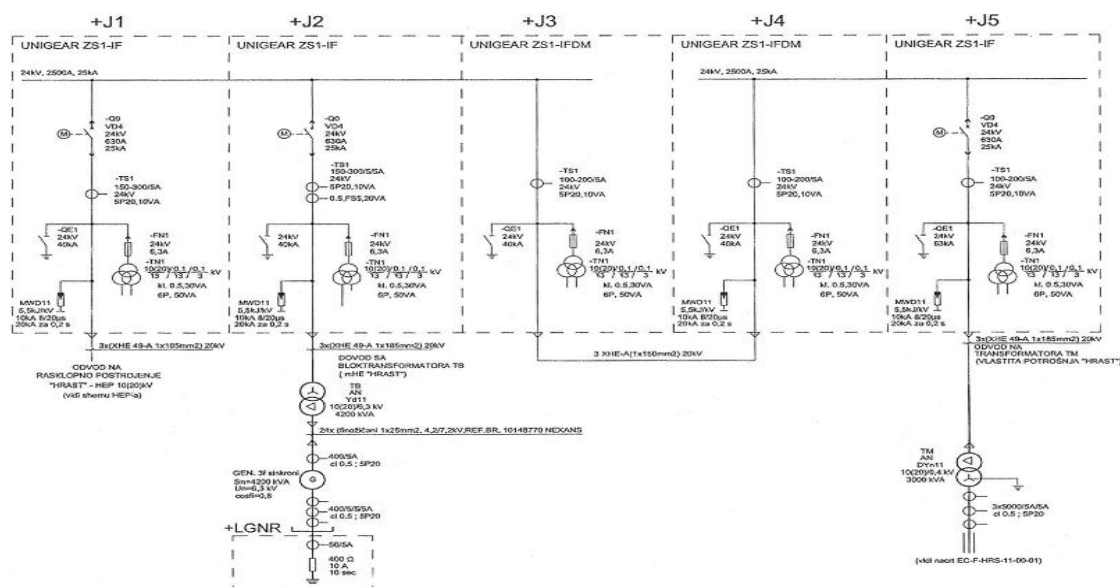


Slika 8. Usporedba napona na sabirnicama TS Đakovo3 i napona u generatorskim poljima u slučaju prekida proizvodnje pojedinog generatora

Dosadašnja iskustva pokazuju da uključjenja i isključenja biopliniskih proizvodnih jedinica nemaju negativnih utjecaja na napojnu stanicu u ovom slučaju TS 110/20/10 kV Đakovo 3, a ni na široku potrošnju. Na slici 8. se vidi da pri isključenju jedne BIOPLINSKE ELEKTRANE, dolazi do pada napona u oba generatorska polja, ali napon na 10 kV sabirnicama TS 110/20/10 kV Đakovo 3 je konstantan. U pravilu napon na 10 kV sabirnicama TS 110/20/10 kV Đakovo 3 je niži od napona u generatorskim poljima da bi tok energije bio od generatora prema mreži. Bitno je naglasiti da se sva proizvedena električna energija konstantno predaje u distribucijsku mrežu, a vlastita i opća potrošnja elektrana te opća potrošnja farme se napaja iz PTTS Ekonomija Tomašanci.

2.2. Proizvodno postrojenje na krutu biomasu Strizivojna Hrast

Prvo proizvodno postrojenje koje kao primarni energent koristi krutu biomasu iz drvo-prerađivačke industrije u DP-u Elektrosavlionija se nalazi u Strizivojnoj, uz poduzeće "Strizivojna Hrast" koje se bavi proizvodnjom parketa, te posjeduje sušare za sušenje vlažnog drveta. Samo proizvodno postrojenje je kogeneracijsko, nazivne električne snage 3 MW i toplinske 13,46 MW.

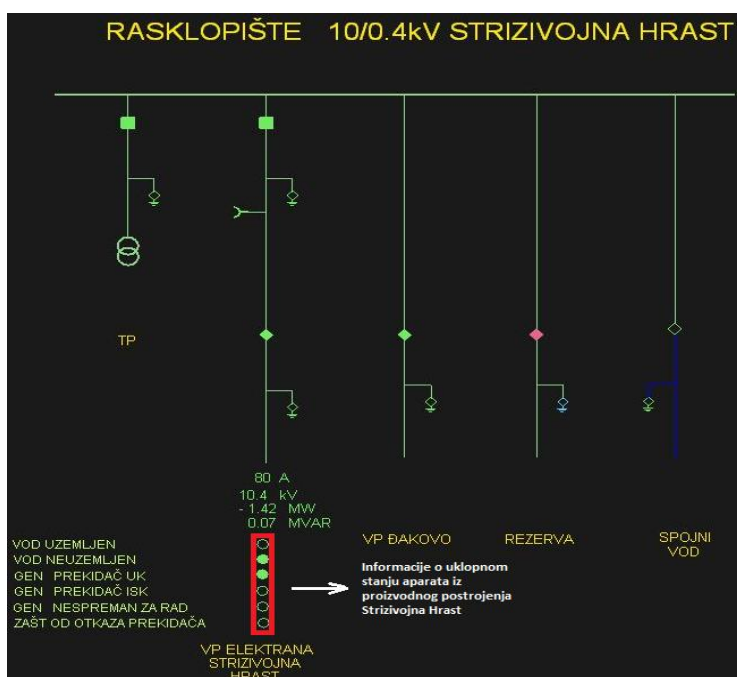


Slika 9. Jednopolna shema proizvodnog postrojenja Strizivojna Hrast

Proizvodno postrojenje na krutu biomasu Strizivojna Hrast (u daljnjem tekstu: ELEKTRANA STRIZIVOJNA) se sastoji od sinkronog generatora nazivne snage 4200 kVA, nazivnog napona 6,3 kV, zatim blok-transformatora 10(20)/6,3 kV nazivne snage također 4200 kVA. Imamo i dva vodna polja, prema rasklopištu R 10(20)/0,4 kV Strizivojna Hrast (=J1) na slici 9 (u daljnjem tekstu: RASKLOPIŠTE STRIZIVOJNA) koje je u vlasništvu Operatora distribucijskog sustava, te vodnog polja za vlastitu potrošnju proizvodnih pogona. Mjesto spajanja ELEKTRANE STRIZIVOJNA na mrežu i odvajanje od mreže je prekidač u RASKLOPIŠTU STRIZIVOJNA.

2.2.1. Vođenje paralelnog pogona proizvodnog postrojenja Strizivojna Hrast i distribucijske mreže

Operator distribucijskog sustava nadležan je za upravljanje svim 10 kV i 0,4 kV sklopnim aparatima u RASKLOPIŠTU STRIZIVOJNA, koje je uključena u sustav daljinskog vođenja Elektroslavonije iz upravljačkog centra Pogona Đakovo i dežurnog upravljačkog centra u Osijeku. Kao i BIOPLINSKE ELEKTRANE za upravljanje od 06:00 do 22:00 sata je nadležan UC Pogona Đakovo, a od 22:00 do 06:00 je nadležan DUC Osijek. Daljinskom komandom obuhvaćena su tri sklopna aparata, prekidač za odvajanje u VP Elektrana Strizivojna Hrast, VP Đakovo i spojni vod.



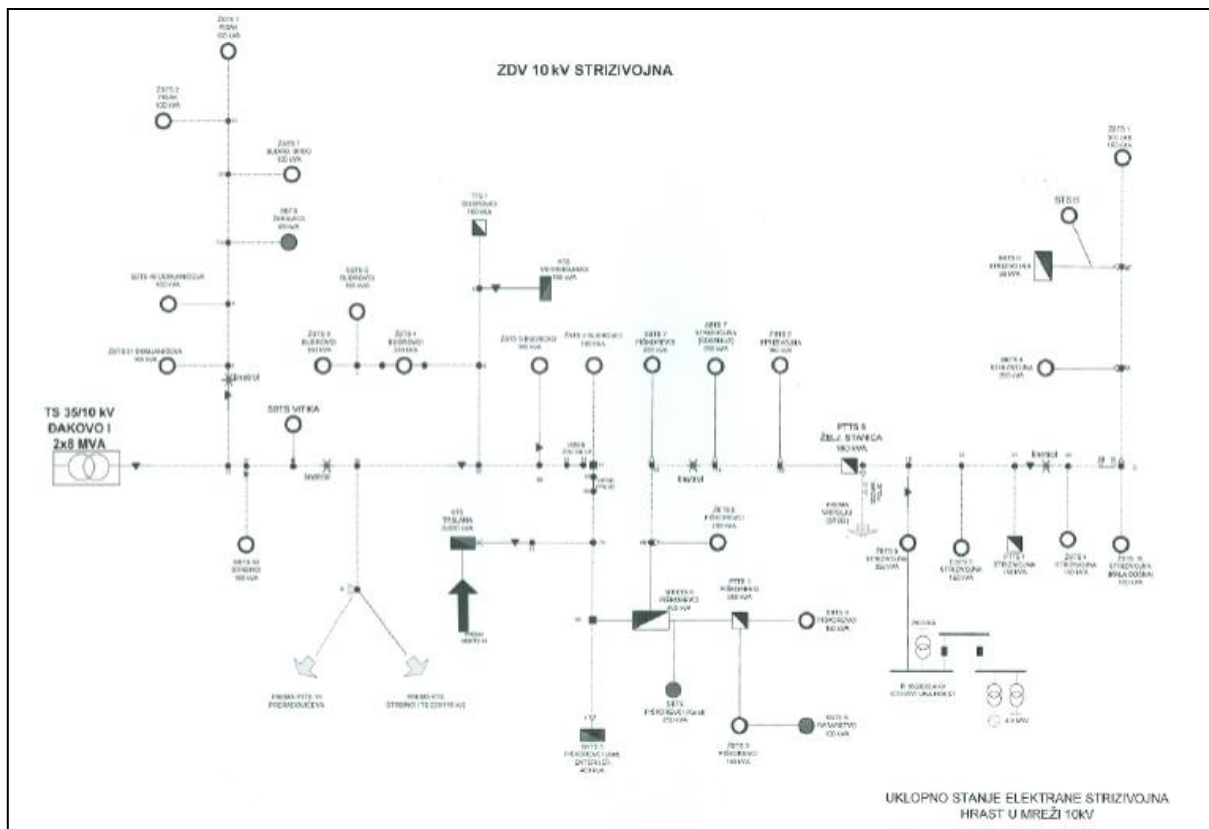
Slika 10. Jednopolna shema Rasklopišta Strizivojna Hrast na sučelju sustava za daljinsko vođenje

Princip ulaska u paralelni pogon, isključenja i postupaka u slučaju kvarova između ELEKTRANE STRIZIVOJNA i distribucijske mreže identičan je onome koji je ranije opisan za BIOPLINSKU ELEKTRANU u poglavlju 2.1.1. Razlika je u mjestu uključivanja prekidača na kojeg djeluje uređaj za sinkronizaciju kod BIOPLINSKE ELEKTRANE uređaj za sinkronizaciju djeluje na generatorski prekidač 0,4 kV, a kod ELEKTRANE STRIZIVOJNA uređaj za sinkronizaciju djeluje na 10 kV prekidač koji se nalazi između blok-transformatora i RASKLOPIŠTA STRIZIVOJNA.

ELEKTRANA HRAST je projektirana i izvedena na način da je predviđen samo paralelni rad postrojenja s mrežom, otočni rad nije dozvoljen. Radna snaga koju ELEKTRANA STRIZIVOJNA predaje u mrežu limitirana je na 2,2 MW, s isključenjem u ELEKTRANI STRIZIVOJNA na prekidaču u polju Odvoda na rasklopno postrojenje. Mjesto upakčanja proizvodnog postrojenja na 10 kV mrežu je prekidač (=J1-Q0) koji se nalazi u polju "Odvod na rasklopno postrojenje" i moguće je jedino putem uređaja za sinkronizaciju – ručno ili automatikom, uz uvjet da su zadovoljeni električki uvjeti paralelnog rada ELEKTRANE STRIZIVOJNA i mreže.

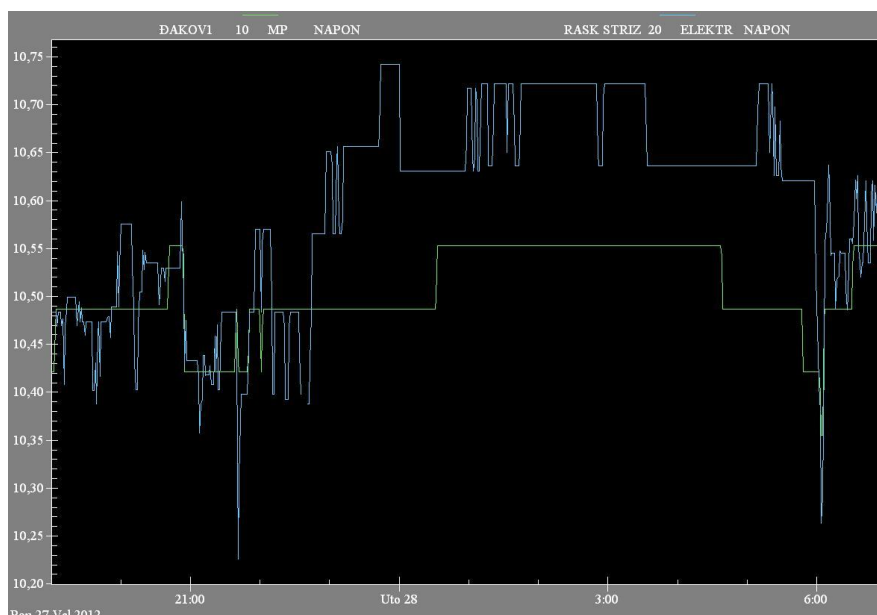
2.2.2. Uklopno stanje distribucijske mreže i utjecaj elektrane na krutu biomasu

Sabirnice RASKLOPIŠTA STRIZIVOJNA spojene su na mrežu putem energetskog kabela s odvojka za ŽSTS 3 Strizivojna. Sredjenaponski 10 kV vod u koji se priključuje ELEKTRANA STRIZIVOJNA je ZDV 10 kV Strizivojna, automatski ponovni uklop - blokiran. U normalnom pogonu napojen je iz TS 35/10 kV Đakovo 1, a kao rezervni pravac, iz TS 110/35/10 kV Đakovo 2.

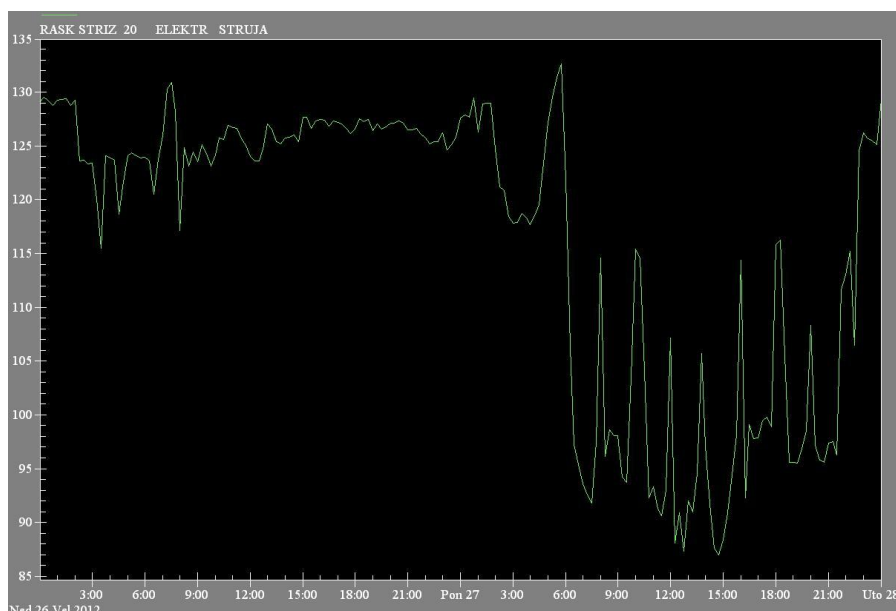


Slika 11. Normalno uklopno stanje 10 kV mreže VP Strizivojna

Ukupno VP 10 kV ZDV Strizivojna iz TS 35/10 kV Đakovo 1 ima 35 TS 10/0,4 kV, duljine 40 000m (21 000m – glavna trasa, odvojci 9300m i priključci 9400m), u cjelokupnoj dužini voda kabelska mreža je dužine 7600m. Dok je cjelokupni vod napajan iz TS 35/10 kV Đakovo 1 uslijed pada napona na vodu rezultiralo je tim da TS 10/0,4 kV koje se nalaze na kraju voda su imale nizak napon. Da krajnji potrošači ne bi osjetili nizak napon regulacijske preklopke pojedinih transformatora u krajnjim stanicama su bile podešene na -5%. Za razliku od BIOPLINSKE elektrane koja ima relativno konstantnu proizvodnju električne energije koju predaje u mrežu, kod ELEKTRANE STRIZIVOJNA proizvodnja odnosno predaja električne energije u mrežu ovisi o proizvodnim procesima za preradu drveta. Nakon ulaska ELEKTRANE STRIZIVOJNA u normalan pogon naponske prilike na kraju voda su bile poboljšane, u noćnim satima je dolazilo do porasta napona na 10,7 kV što je rezultiralo previsokim naponom za kupce pa su se regulacijske preklopke vraćale na položaj 0% ili +5% ovisno o potrebi. Za vođenje pogona to rezultira amplitudama naponskih prilika, na slici 12. prikazan je 12-satni interval u kojem se na mjerenju 10 kV napona na sabirnica TS 35/10 kV Đakovo 1 i u RASKLOPIŠTU STRIVOJNA.



Slika 12. Ovisnost naponskih prilika o proizvodnim procesima

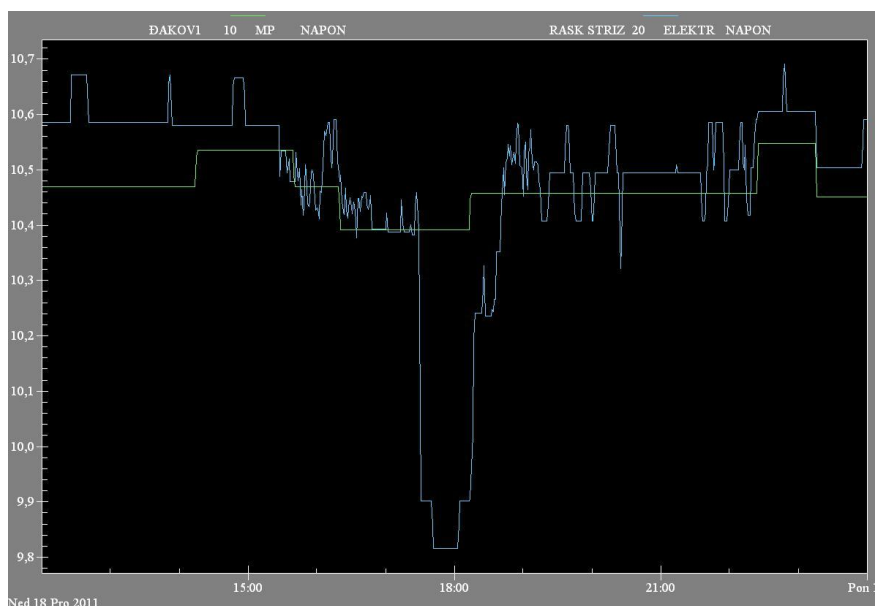


Slika 13. Mjerenje struje u RASKLOPIŠTU STRIZIVOJNA

Na Slici 12 prikazan je interval od 27.02.2012. 19:00 sati, pa do 28.02.2012. 07:00 sati u kojem se vidi da u vrijeme od 22:00 sata kada završava proizvodnja dolazi do porasta napona i povišeni su naponi u RASKLOPIŠTU sve do 05:30 sati kada započinju pripreme za proizvodnju. Potvrdu gornje teze vidimo i iz slike 13. gdje je prikazano 48 – satni prikaz mjerenja struje, gdje se vidi da 26.02.2012. (Nedjelja) imamo približno maksimalnu vrijednost struje jer nema proizvodnje, a radnim danom dolazi do smanjenja vrijednosti iznosa struje jer se dio energije koju proizvede generator koristi za vlastitu potrošnju, odnosno za proizvodne procese.

Iz gore prikazanih grafičkih prikaza, jasno je da paralelni pogon ELEKTRANE STRIZIVOJNA i distribucijske mreže zadovoljava da pri normalnim pogonskim uvjetima, bez uzimanja u obzir prekid opskrbe, 95% 10-minutnih srednjih vrijednosti efektivne vrijednosti opskrbnog napona svakog tjednog intervala mora biti u opsegu: $U_n \pm 10\%$. Preostalih 5% 10-minutnih srednjih vrijednosti efektivne vrijednosti opskrbnog napona svakog tjednog intervala mora biti u opsegu: $U_n + 10\% / -15\%$ [3].

Na slijedećem primjeru vidjeti ćemo utjecaj isključenja ELEKTRANE STRIZIVOJNA iz distribucijske mreže na naponske prilike.



Slika 14. Naponske prilike nakon isključenja ELEKTRANE STRIZIVOJNA

U ovom slučaju došlo je do isključenja ELEKTRANE HRAST na prekidaču za sinkronizaciju a prekidač za odvajanje koji se nalazi unutar RASKLOPIŠTA STRIZIVOJNA je ostao uključen, tako da smo na sabirnicama RASKLOPIŠTA STRIZIVOJNA imali napon iz TS 35/10 kV Đakovo 1 koji je iznosio 9,8 kV uslijed pada napona jer se u tom vremenu sav konzum VP 10 kV ZDV Strizivojna napaja o iz TS 35/10 kV Đakovo 1. Ranije je navedeno da su mijenjani položaji regulacijskih preklopki zbog povišenog napona a u ovom trenutku taj napon je pao na 9,8 kV, međutim vrijednosti napona za krajnje potrošače je ostalo unutar gore navedenih $U_n \pm 10\%$.

3. ZAKLJUČAK

Ovdje opisana proizvodna postrojenja električne energije imaju prednosti u pogledu poboljšanja naponskih prilika na pojedinim dijelovima mreže (uglavnom u ruralnim područjima). Bioplinско proizvodno postrojenje ima prednost zbog konstantne proizvodnje električne energije, što olakšava vođenje distribucijske mreže. Činjenica koju se treba uzeti u obzir se sva električna energija koja se proizvede u bioplinском proizvodnom postrojenju predaje u mrežu po većoj cijeni a svoju potrošnju plaća po znatno manjoj cijeni što rezultira ekstra profitom. Iz tog razloga možemo očekivati brz porast takvih postrojenja, na distribucijskom području Elektroslavonije još jedno bioplinско proizvodno postrojenje snage 2x1 MW će ući u probni rad prije početka travnja.

Proizvodno postrojenje na krutu biomasu Strizivojna Hrast je nastalo prvenstveno da zadovolji vlastite potrebe za električnom i toplinskom energijom a višak električne energije se predaje u mrežu. Dosadašnja iskustva pokazuju da je maksimalna količina energije koja se predaju u mrežu u noćnim satima i neradnim danima kada su opterećenja najmanja pa imamo viši napon nego u normalnom pogonu. Za planiranje uklopnog stanja i vođenje distribucijske mreže kompliciranija je ova vrsta postrojenja, međutim ukupno gledano utjecaj na mrežu je unutar propisanih granica.

U budućnosti gdje je evidentno povećanje broja proizvodnih postrojenja, ovisno o dnevnim opterećenjima možda bi se povlaštene proizvođače moglo stimulirati (u nekim situacijama destimulirati) različitim tarifnim cijenama da maksimalnu količinu energije predaju u mrežu kada je najveće opterećenje i obratno.

U svakom slučaju vođenje distribucijskog elektroenergetskog sustava s povećanjem broja proizvodnih postrojenja će biti sve kompleksnije i kompliciranije.

LITERATURA

- [1] doc.dr.sc. Damir Šljivac, „Obnovljivi izvori energije“, ETF Osijek, Travanj 2008. Godine
- [2] Mrežna pravila elektroenergetskog sustava, (NN 36/2006)
- [3] HRN EN 50160:2008, Naponske karakteristike električne energije iz javnog distribucijskog sustava (EN 50160:2007)