

Problematika priključenja vetroelektrana na prenosnu mrežu EMS ad

Issues of Grid Integration of Wind Farms to the transmission network JSC EMS

Saša Zdravković, Milan Blažić, Branko Šumonja, Marija Đorđević, Julijana Vićovac, Nebojša Đurin

AD ELEKTROMREŽA SRBIJE

1. UVOD

Apstrakt – U 2018. i 2019. godini realizovana su prva priključenja vetroparkova na prenosnu mrežu EMS AD. U kratkom vremenskom periodu 4 vetroelektrane su ušle u pogon i bilo je neophodno, uz veliko angažovanje zaposlenih, prilagoditi niz procedura i pravilnika kako bi se zaključili Ugovori o eksploataciji vetroelektrana. Zbog stohastičnosti pojave vetra posebno će biti obrađena prognoza proizvodnje vetroelektrana i njen odnos prema ostvarenoj proizvodnji. Kako se zaposleni unutar EMS AD prvi put susreću sa ovakvim vidom proizvodnih kapaciteta rad sadrži realne podatke o meteorološkim parametrima koji utiču na proizvodnju električne energije iz vetroelektrana. Pošto su sve 4 vetroelektrane na bliskoj geografskoj lokaciji takođe će biti analiziran i uticaj na tokove snaga, planiranje rada i balansiranje elektroenergetskog sistema.

Ključne reči – vetroelektrane, planiranje rada EES, tokovi snaga, kriva snage, obnovljivi izvori energije, povlašćeni proizvođač električne energije.

Abstract - in 2018 the first connections of wind farms to the transmission network EMS have been realized. In a short period of time, the total of four (4) wind farms were put into operation and, therefore, with engaging a lot of employees, it was necessary to modify and adapt a number of procedures and regulations in order to conclude all the Wind Energy Exploitation Agreements. Due to the stochasticity of the wind phenomenon, the forecast of wind farm production and its relation to the achieved energy production shall be addressed. As the employees of JSC EMS meet for the first time with this type of production capacities, the paper contains real data on meteorological parameters that influence the production of electricity from wind farms. Since all four (4) wind farms are located in the same geographical area, their impact on power flows, operational planning and balancing of the electrical power system shall be analyzed.

Key words – wind power plants, power system planning, power flows, power curve, renewable energy sources, feed in tariff.

U skladu sa aktuelnim i rastućim problemom nedostatka energije i njenog najkomfortnijeg oblika - električnom energijom, već duže vreme je prepoznata potreba za izgradnjom novih proizvodnih kapaciteta u EES-u Republike Srbije. Ulazeći u koštac sa sve većim ekološkim problemima koji su uzrokovani proizvodnjom energije iz fosilnih goriva, Republika Srbija se obavezala da će do 2020. godine povećati udeo u proizvedenoj električnoj energiji iz obnovljivih izvora energije, odnosno izvora energije koji su definisani kao obnovljivi. Imajući u vidu ograničavanje emisije gasova staklene bašte, prihvaćene su obaveze u skladu sa Ugovorom o energetske zajednici sa EU, u smislu povećanja udela obnovljivih izvora energije u finalnoj potrošnji energije sa 21.2% u 2015. godini, na 27% do 2020. godine, što je, kako se ispostavilo, predstavljalo vrlo ambiciozan cilj.

Kako bi se povećao udeo proizvedene energije iz obnovljivih izvora bilo je potrebno napraviti odgovarajući pravni i zakonodavni okvir u cilju podsticanja investicija u kapacitete koji vrše konverziju raznih oblika energije Sunca i vode zarad proizvodnje električne energije. Pomenuto je sadržano u strategiji Vlade Republike Srbije koja je predstavljena 2006. [1]. Ono što je glavni rezultat strategije, nekoliko godina potom, je „Uredba o podsticajnim merama za proizvodnju električne energije iz obnovljivih izvora i iz visokoefikasne kombinovane proizvodnje električne i toplotne energije“. Ona je kao srž regulatornog okvira za razvoj OIE definisala povlašćenog proizvođača električne energije, koji dobija garantovani otkup električne energije po regulisanoj ceni (*Feed-in Tariff*) za konkretan period (12 godina).

2. VETROELEKTANE NA TERITORIJI REPUBLIKE SRBIJE

Prva farma vetroelektrana u Evropi je puštena u pogon 1982. godine, i od tada je, prateći aktuelne događaje, od kojih treba izdvojiti nesreće sa nuklearnim elektranama, zastupljenost vetroagragata u proizvodnim kapacitetima doživela neverovatnu ekspanziju.

Prve četiri vetroelektrane, koje su priključene na EES Republike Srbije, u trenutku pisanja ovog rada, su dobile ili su u procesu dobijanja statusa povlašćenog proizvođača električne energije i

priključene su na prenosni sistem u toku 2018. i 2019. godine. Iako je tehnologija proizvodnje električne energije iz vetra odavno poznata, ipak je kreirala brojne izazove u raznim delovima celokupnog elektroenergetskog sistema. Prevažadno se misli na upravljanje EES-om, ali takođe eksploatacija i tržište električne energije su morali da odgovore na brojne probleme sa kojima se pre 2018. godine nisu sretali.

Zbog nekoliko uzroka koje nećemo pominjati, vetroelektrane odnosno vetroparkovi tek od bliže prošlosti postaju zastupljeni kao proizvodni kapaciteti u zemljama bivše Jugoslavije. Ova činjenica ima svoje dobre strane u tome što je ceo proces razvoja nekoliko generacija vetroturbina preskočen i što su sa stanovišta integracije u prenosni sistem u EES Republike Srbije ugrađene turbine koje imaju najsavremenije aspekte regulacije i upravljanja proizvodnjom aktivne i reaktivne energije. Ono što ne ide u prilog je da je u veoma kratkom periodu na prenosni sistem priključeno više od 300 MW instalisane snage.

Vetroturbine priključene na EES Republike Srbije su sa varijabilnom brzinom i dvostrano napajanim asinhronim generatorima, sa pretvaračem u kolu rotora. Vetrogenerator se odlikuje povećanim stepenom iskorišćenja vetra, poboljšanim upravljanjem i stepenom iskorišćenja, a samim tim i većom godišnjom proizvodnjom. Vetrogeneratori se sastoje se od tri elise, horizontalno postavljenom osovinom sa prečnikom od 120 metara. Rotor i kabina su postavljeni na vrhu stuba visine oko 110 metara. Vetroagregat je opremljen mehanizmom za aktivno zakretanje lopatica rotora (*pitch system*) kojim upravlja mikroprocesorski upravljački uređaj. On osigurava optimalno prilagođavanje ugla zakretanja lopatica brzini vetra. Pored toga, opremljen je aktivnim mehanizmom za zakretanje (*yaw system*) koji kontinuirano zakreće kabinu u smeru strujanja vetra. Kombinacijom navedenih načina regulacije brzine obrtanja turbine, osigurava se optimalna proizvodnja električne energije u svim uslovima brzine vetra kao i mehanička zaštita elisa vetroturbine u uslovima vrlo jakih vetrova (>25 m/s).

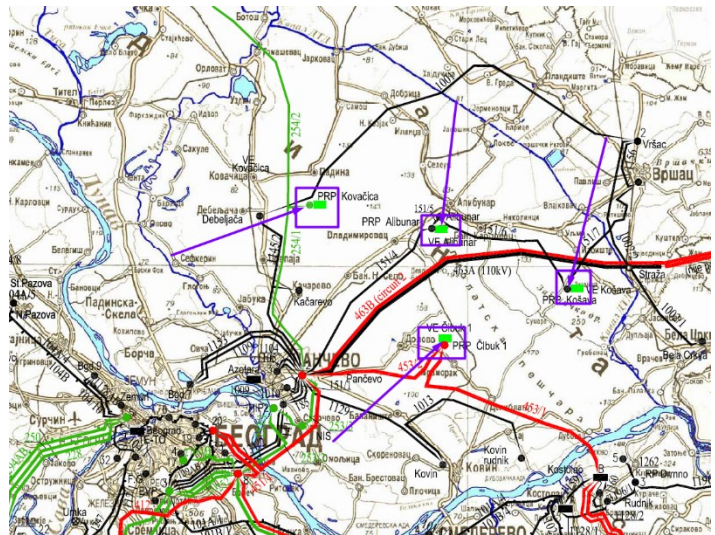
Ovakav tip turbine ne može proizvoditi električnu energiju ako nije povezan na prenosnu mrežu jer je napajanje sopstvene potrošnje moguće jedino sa strane prenosne mreže. Navedeno ne stvara problem sa trošenjem reaktivne snage iz mreže jer ugrađeni modeli vetroturbine mogu raditi i u kapacitivnom i u reaktivnom režimu, pa čak i u situacijama kada ne proizvode aktivnu snagu. Prema svim vetroparkovima EMS AD je postavio zahtev za automatskim radom u regulaciji napona.

U drugoj polovini 2018. godine i prvoj polovini 2019. godine, na sva tri naponska nivoa prenosne mreže EES Republike Srbije (400 kV, 220 kV i 110 kV) realizovana su priključenja 4 vetroelektrane. Sve tri elektrane se nalaze u prečniku od 50 km, u rejonu južnog Banata.

VE Čibuk 1 je prvi vetropark povezan na prenosni sistem EMS AD. Priključenje je obavljeno 06.09.2018. godine na naponski nivo 400kV. Ukupna instalisana snaga celog vetroparka je 158,46 MW i do kraja 2018. godine je sukcesivno pušteno u pogon svih 57 vetroturbina. VE Alibunar je priključen na prenosni sistem 23.11.2018. godine sa ukupnom instalisanom

Slika 1. Lokacija vetroelektrana

snagom od 42MW, na naponski nivo 110kV. Svaka od 21 vetroturbine je neposredno

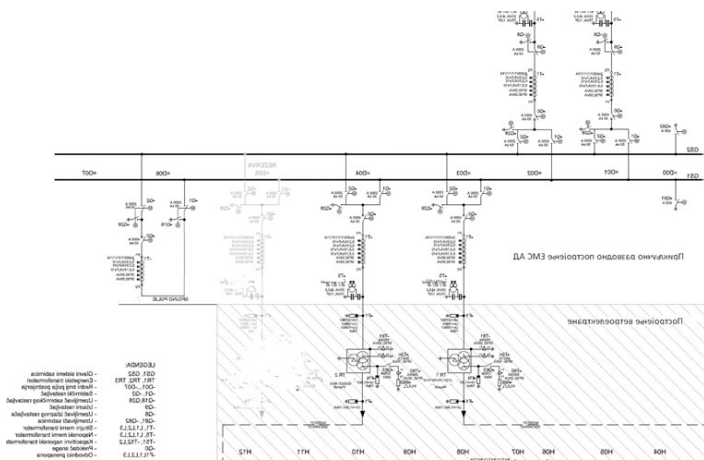


po priključenju puštena u pogon. Nakon toga, 29.12.2018. priključena je i VE Kovačica na naponski nivo 220kV. U aprilu 2019.godine je u pogon puštena i poslednja od ukupno 38 turbina dok ukupna instalisana snaga celog vetroparka iznosi 104,5MW. VE Košava je puštena u pogon u proleće 2019.godine. Treba dodati da su u VE Čibuk 1 i VE Kovačica instalisane turbine sa istim karakteristikama i od istog proizvođača.

WIND POWER	2018	2019			
	Q4	Q1	Q2	Q3	Q4
CIBUK	57 units 158MW				
ALIBUNAR	21 units 42MW				
KOVACICA		38 units 104.5MW			
KOSAVA		20 units 69MW			

Tabela 1. Hronologija priključenja vetroelektrana

Sve vetroelektrane se na prenosni sistem priključuju u priključno razvodnim postrojenjima, koja su u neposrednoj blizini postrojenja vetroelektrana. Obaveza investitora je da izgradi priključno razvodno postrojenje i da isto preda u vlasništvo i upravljanje EMS AD. Granica vlasništva je po pravilu na priključnoj klemi provodnih izolatora transformatora, tako da je transformatorsko polje unutar priključno razvodnog postrojenja vlasništvo EMS AD a sam transformator vlasništvo vetroelektrane. Ovakvo rešenje, uprkos nekim nedostacima i specifičnostima, najbolje odgovara na brojne probleme koji nastaju u samoj eksploataciji objekta, a tiču se svojine, pa samim tim i održavanja primarne, telekomunikacione i opreme za prenos podataka između lokalnih SCADA sistema.



Slika 2. Šema priključno razvodnog postrojenja

3. PODACI KOJE VETROELEKTRANE DOSTAVLJAJU

Zbog osobenosti vetroelektrana kao proizvođača električne energije, posebno kao povlašćenog proizvođača električne energije, EMS AD je postavio zahtev za potrebnim brojem podataka koji su od interesa za planiranje rada prenosnog sistema. Prevažodna namena dostavljenih podataka je u svrhu izrade adekvatne prognoze proizvodnje, kreiranje podataka potrebnih za izradu adekvatnosti i objavljivanje ključnih tržišnih podataka [2], koji proističu iz obaveze članstva u ENTSO-e.

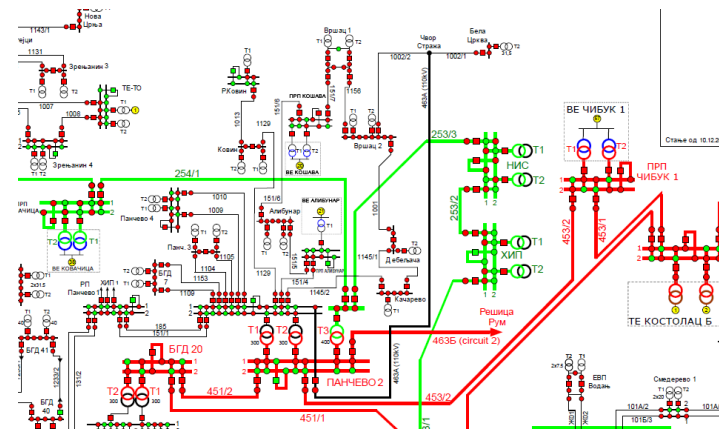
U cilju zadovoljavanja svih potreba, EMS AD je od vetroelektrana zahtevao dostavljanje određenih planiranih i ostvarenih podataka u tačno definisanim vremenskim intervalima. Vetroelektrane su u obavezi da dostavljaju planove neraspoloživosti generatorskih jedinica, plan proizvodnje za narednih sedam dana, ostvarenja aktivnih i reaktivnih snaga, broj generatora koji je bio u pogonu, kao i meteorološke podatke koji se odnose na brzinu vetra, smer vetra, temperaturu i pritisak.

4. UTICAJ VETROELEKTRANA NA TOKOVE SNAGA

Region južnog Banata, kao industrijsko područje u Republici Srbiji, sa stanovišta prenosnog sistema, odnosno tokova snaga, uvek je bio razmatran kao čvor u kom je skoncentrisana potrošnja. Sa pomenutim i najavljenim proizvodnim kapacitetima ova karakteristika se bitno menja. Naime, transformatorska stanica TS Pančevo 2 ima sva tri naponska nivoa, tj. transformacija energije sa 400kV obavlja se i na 220kV i 110kV nivo. Sve četiri vetroelektrane su u direktnoj vezi sa TS Pančevo 2 i ta okolnost vrlo povoljno utiče na opterećenost sva tri transformatora koji su obično kritičniji elementi u analizama tokova snaga.

Slika 3. TS Pančevo 2

Dakle, trenutna proizvodnja iz vetroelektrana u čvoru TS



Pančevo 2 ne stvara neke značajnije gubitke ili probleme, već samo poboljšava naponsku sliku. Naravno da se navedeno mora uzeti sa rezervom imajući u vidu karakteristike pre svega 110 kV vodova i budućih vetroelektrana.

5. UTICAJ NA BALANSNI MEHANIZAM I ENERGETSKI BILANS

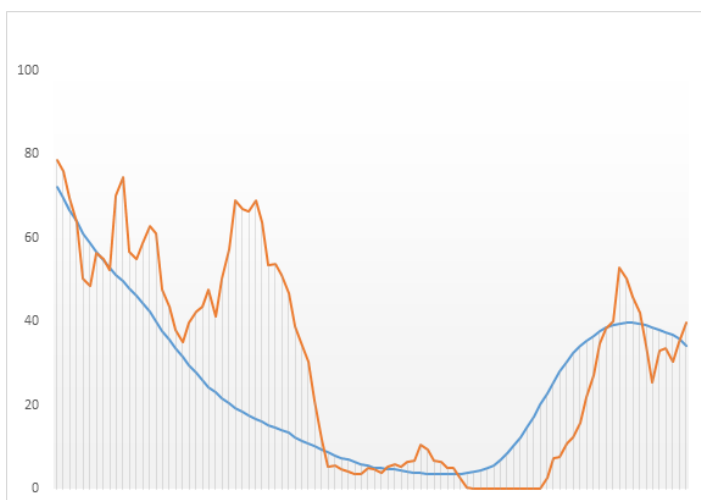
Činjenica da prve četiri vetroelektrane, koje su povezane na prenosni sistem u geografski istom području, EMS AD i JP EPS primorava da se hvataju u koštac sa problemom balansiranja proizvodnje iz ovih elektrana. Posebno zbog toga što ima najava za velikim brojem novih vetroelektrana u istom ili električno i geografski bliskom području. Pošto su sve četiri vetroelektrane u statusu povlašćenog proizvođača električne energije, one nisu balansni entiteti i ne učestvuju u balansnom mehanizmu, JP EPS je za njih preuzeo balansnu odgovornost. Obaveza JP EPS je da njihova odstupanja od plana rada koriguje u skladu sa zahtevom EMS AD za potrebnom rezervom kako u sekundarnoj, tako i u tercijarnoj energiji.

Kao što je opšte poznato, proizvodnja aktivne električne energije iz vetroelektrana grubo gledano zavisi isključivo od brzine vetra. Odnosno to je promenljiva od dominantnog uticaja u približnoj formuli [3]:

$$P = \frac{1}{2} \rho A V^3$$

Gde je ρ gustina vetra, A - površina normalna na smer vetra i V - brzina vetra

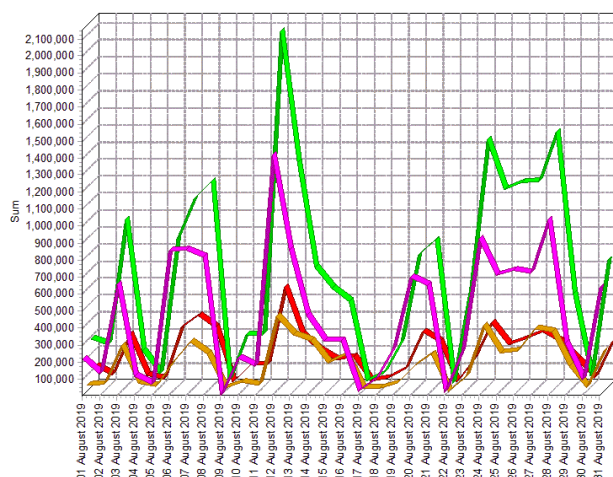
Iako prognoza očekivano nikad nije u potpunosti pouzdana, od najvećeg značaja bi bilo da se dobro, odnosno pravovremeno, prognoziraju trenuci vršne proizvodnje, odnosno da se pogodi tempo brzine vetra. U suprotnom se stvaraju veliki problemi u balansiranju sistema.



Slika 4. Dobra prognoza tempa vetra

Ako bi, gledajući grafik sa slike 4, prateći prognozu očekivali da će u trenucima kada proizvodnja iz vetroelektrana opada angažovati druge elektrane, a u trenucima kada proizvodnja raste planirati angažovanje rezerve u smeru na dole možemo imati veliku aktivaciju rezerve. Za slučaj da se podizanje proizvodnje iz vetroelektrana odloži, odnosno translira, dispečer mora angažovati rezervu u smeru na gore, pa će tu istu energiju morati da potisne kada proizvodnja iz vetra raste. Pomenuto ne bi predstavljalo toliki problem da instalisana snaga vetroelektrana nije trenutno već oko 370 MW, sa već pomenutom tendencijom rasta. Dodatna poteškoća je to što su sada, a po svojoj prilici i u budućnosti, sve vetroelektrane koncentrisane na gotovo istoj geografskoj lokaciji koja je prilično jednolična sa stanovišta ortografije terena, pa je apsolutna greška koja se pravi u prognozi veća jer ne postoji razuđenost lokacija.

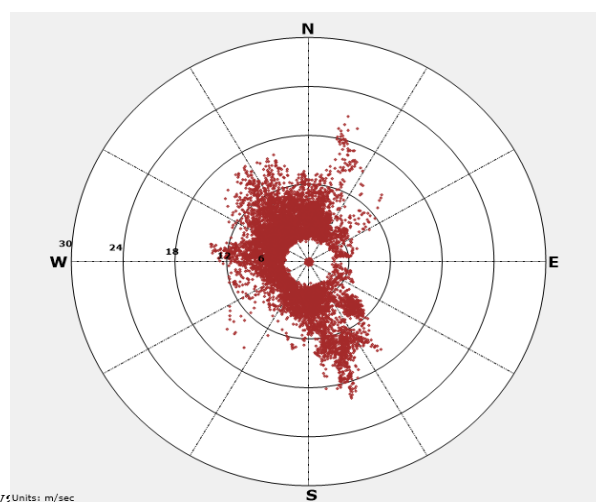
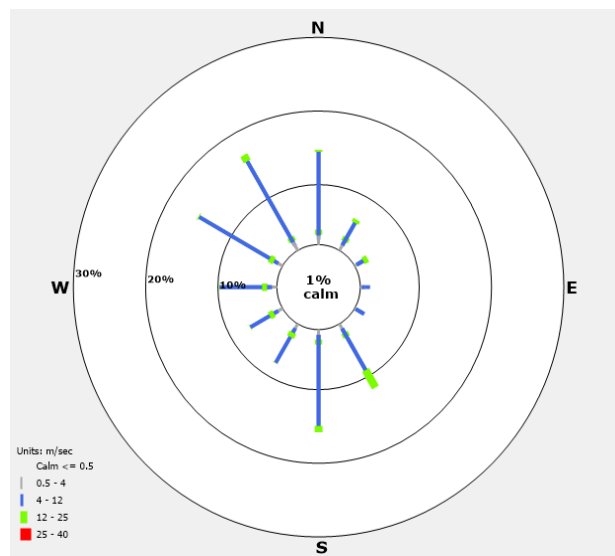
Load Profile: Month, 01 August 2019 07:00 - 01 September 2019 07:00 (primary values)



Slika 5. Dnevna proizvodnja iz 4 vetroelektrane u avgustu 2019.

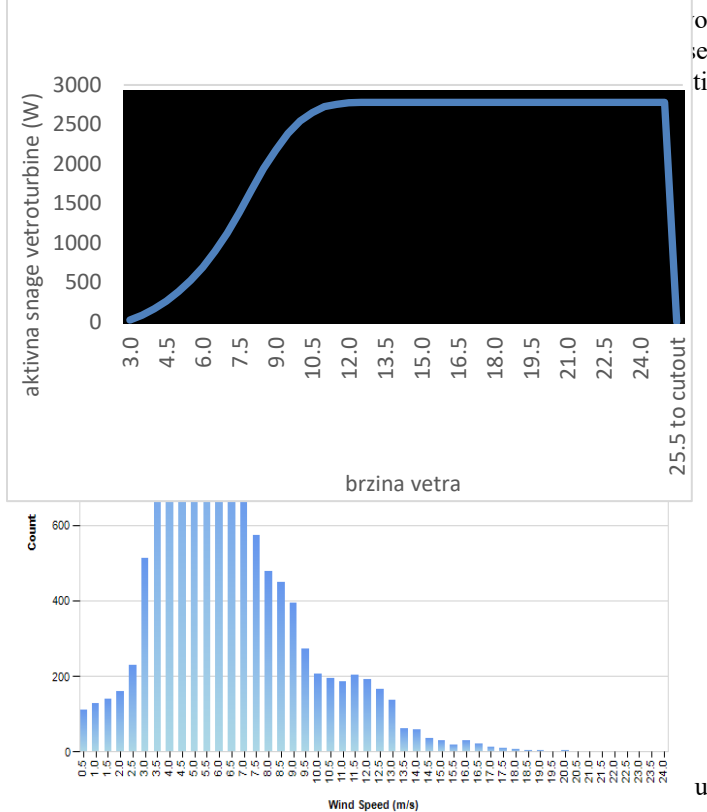
6. ANALIZA NA OSNOVU DOSADAŠNJEG ISKUSTVA VETROELEKTRANA U EES REPUBLIKE SRBIJE

Analizirajući dosadašnju proizvodnju iz sve četiri vetroelektrane ne može se izvući niti jedna zakonitost, ili dokazati odnosno opovrgnuti veliki broj od ranijih prognoza koje su stručnjaci iznosili kroz svoje tvrdnje bilo u korist ili protiv vetroelektrana, kao proizvodnih kapaciteta unutar EES Republike Srbije.

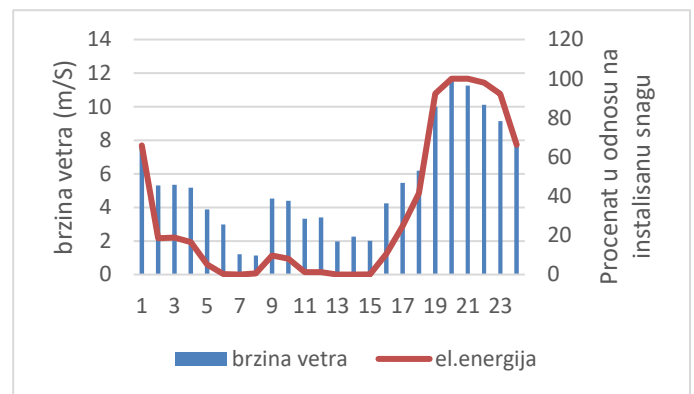


Svrhu ovog perioda za bilo kakvo ozbiljniju naučnu analizu jako kratak i da je teško opravdati bilo kakvo uporište za ove zaključke. Jedna od najčešćih tvrdnji bila je da je Košava olujni vetar koji nikako ne odgovara vetroturbinama. Dokazalo se da je Košava [4], kao vetar koji dominantno duva u ovom području u periodima godine kada hladniji vazduh sa Karpata, iz polja visokog vazdušnog pritiska dolazi u polje nižeg vazdušnog pritiska, u toku dosadašnje eksploatacije turbina svega nekoliko puta imala jačinu i brzinu vetra koja bi dovela do prekida rada vetroturbin (cut- out speed).

Takođe dokazano je i da Košava nije jedini vetar koji doprinosi proizvodnji električne energije sa vetroelektrana, već da i severni vetar svojom konstantnošću daje ravne dijagrame proizvodnje u zimskom periodu godine. Na slikama 6, 7 i 8 se uočava raspodela brzine vetra u periodu od 1. decembra 2018. godine do sredine



Slika 9. Kriva snage za vetroturbinu



Slika 10. Dnevni dijagram proizvedene energije i brzine vetra

turbinu koja je ugrađena u jednoj od vetroelektrana (slika 9), vidi se da je brzina vetra od 3 m/s brzina (*cut-in speed*) pri kojoj kreće proizvodnja električne energije, i da je brzina od 12 m/s ona pri kojoj se dostiže nominalna snaga.

Nelinearna zavisnost od brzine vetra se najbolje ilustruje na slici 10 na kojoj je prikazan dnevni dijagram proizvodnje i brzine vetra za jednu vetroelektranu.

Treba napomenuti da pojava vetra dosta često ne prati promene potrošnje. Odnosno ne ide u prilog tvrdnji da se pri velikim brzinama vetra povećava i potrošnja, odnosno da se subjektivni osećaj hladnoće usled vetra podudara sa vetrom koji je pogodan za proizvodnju električne energije. Košavska regija čini više od trećine ukupne potrošnje EES Republike Srbije i svakako da bi povećanje potrošnje trebalo da se kompenzuje povećanjem proizvodnje iz vetroelektrana, ali, na osnovu dosadašnjeg kratkog iskustva, ovo se ne može uzeti kao zakonitost. Svakako treba uzeti sa rezervom i meteorološka očekivanja na osnovu istorijskih podataka i aktuelno menjanje klimatskih uslova. Ponekad se dešava da realizacija proizvodnje iz vetroelektrana prati tok rasta potrošnje u određenoj meri, ali se mnogo češće dešava da proizvodnja iz vetroparkova komplementarna potrošnji, pa je tokom noći, kada je potrošnja najmanja, poprilično često moguće uočiti ravne dijagrame proizvodnje iz vetroelektrana blizu nominalne snage.

Primer koji ovo potkrepljuje je datum 18.12.2018. kada je bio zabeležen maksimalni konzum u EES-u Republike Srbije za 2018. godinu, a da tog dana proizvodnja iz vetroelektrana nije prešla 2% od instalisane snage. Slična situacija je bila i 31.12.2019. Takođe Košava dominantno duva u jesen i proleće, kada potrošnja u Republici Srbiji, koja nažalost ima mali procenat industrijske potrošnje, ne beleži ekstremne vrednosti. Dodatno treba uzimati u obzir činjenice da Košava može biti i topao vetar (primer od 28.07.2019. ili 13.08.2019.) i činjenice o podacima iz aprila meseca 2019. kada je bilo neočekivano mnogo vetrovitih sati.

7. ZAKLJUČAK

Zastupljenost vetroagregata u proizvodnim kapacitetima je doživela neverovatnu ekspanziju na globalnom nivou. Neminovno je to moralo da se prelije i unutar granica Republike Srbije. Pozicija EMS AD je takva da su vetroparkovi novi izazov na koji treba odgovoriti po ugledu na važeću regulativu u susednim zemljama, pre svega vodeći se iskustvima prenosnih sistema slične snage i karakteristika. Glavni akcenat treba da bude na tome da stabilnost i pouzdanost elektroenergetskog sistema ne budu ugroženi. Trenutno priključeni vetroparkovi, uprkos relativno velikom kapacitetu priključenom u kratkom periodu ne predstavljaju pretnju po pomenuto. Neophodno je

preduprediti neželjeni tempo priključenja budućih vetroparkova, i samu lokaciju priključenja razmotriti sa više aspekata. Pored toga što instalisana snaga mora da prati odgovarajući naponski nivo ona treba da ima što manje posledice po stabilnost EES. Vetar je stohastička pojava i kao takav veliki izazov za prognostičare, pa je zbog toga neophodno investitore odgovarajućim merama privoleti na zadovoljavajući kvalitet prognoze proizvodnje i pored toga što operator prenosnog sistema ima sopstvenu. Posebno je važna sinhronizacija regulatornih tela sa stručnim tehničkim licima kako bi se stimulisanje proizvodnje iz obnovljivih izvora energije sprovedilo kontrolisanim i promišljenim koracima. Uprkos tome što su zaposleni u EMS AD uspešno izveli priključenja prve četiri vetrolektrane, buduća priključenja najavljenih investicija moraju se osloniti na iskustva koja će nastati na osnovu respektabilnije vremenske distance.

REFERENCE

[1] <https://www.srbija.gov.rs/>

- [2] <http://www.ems.rs/>, <https://www.entsoe.eu/>
[3] „Vjetrolektrane” skripta dr. Željko Đurišić, Elektrotehnički fakultet Univerziteta u Beogradu.
[4] <http://www.meteologos>

AUTORI

Saša Zdravković– dipl.inž.el, EMS AD,
sasa.zdravkovic@ems.rs

Milan Blažić– dipl.inž.el, EMS AD,
milan.blazic@ems.rs

Branko Šumonja– dipl.inž.el, EMS AD,
branko.sumonja@ems.rs

Marija Đorđević– dipl.inž.el, EMS AD,
marija.djordjevic@ems.rs

Julijana Vićovac– dipl.inž.el, EMS AD,
julijana.vicovac@ems.rs

Nebojša Đurin– dipl.inž.el, EMS AD,
nebojsa.djurin@ems.rs