

KORIŠĆENJE VETRA ZA PROIZVODNJU ELEKTRIČNE ENERGIJE

*Miroslav Kukobat**

Ključne reči: vetar, energija, konverzija, obnovljivi izvori, vetroturbina

SAŽETAK:

U radu su prezentovane aktuelne tehnologije koje koriste energiju vetra za proizvodnju električne energije, faktori koji ograničavaju ovu konverziju i događaji koji će najverovatnije rezultovati u povećanju upotrebe energije vetra za proizvodnju električne energije u nadolazećim dekadama.

1. UVOD

Mnoge tehnike se koriste za konvertovanje energije obnovljivih izvora u električnu energiju. Ove tehnike se razlikuju od onih koje se koriste za fosilna goriva u iznalaženju, pripremi, skladištenju, upravljanju i odlaganju resursa. Glavne razlike se odigravaju u procesu konvertovanja resursa u mehaničku snagu na turbini i u odlaganju otpada. Isključujući ovu konverziju i odlaganje otpada, izuzev u slučaju kada se koriste fotovoltaiaci, sam proces proizvodnje električne energije je obično gotovo identičan sa proizvodnjom električne energije korišćenjem fosilnih goriva. Kontinuirani tehnološki napredak snižava troškove korišćenja obnovljivih izvora energije, čineći ih konkurentnijim prema fosilnim gorivima. Zavisno od vrste obnovljivog izvora energije razvijene su tehnologije najpodesnije za osnovno opterećenje (u stanju da rade sve vreme), za vršno opterećenje (u stanju da rade u vremenu najveće potrošnje) ili intermitentni rad (u stanju da rade manje negoli sve vreme i nije neophodno da rade u vremenu vršnog opterećenja). Ovaj rad prezentuje aktuelne tehnologije koje koriste energiju vetra za proizvodnju električne energije, faktore koji ograničavaju ovu konverziju i događaje koji će najverovatnije rezultovati u

* Mr Miroslav Kukobat, dipl. ing.,
Savezno ministarstvo za privredu

povećanju upotrebe energije vetra za proizvodnju električne energije u nadolazećim dekadama.

2. AKTUELNE TEHNOLOGIJE ZA KONVERTOVANJE ENERGIJE VETRA U ELEKTRIČNU ENERGIJU

S obzirom na to da vetar ne duva uvek, čak i na najpovoljnijim lokacijama, postrojenja za proizvodnju električne energije korišćenjem energije vetra nisu namenjena za osnovno opterećenje. Takođe, duvanje vetra ne koincidira obavezno sa vremenom najveće potrošnje, pa otuda ova postrojenja imaju vrlo limitiranu primenu za vršno opterećenje. Do danas, postrojenja na vetar su najčešće namenjena uštedi goriva, ona nisu deo osnovnog kapaciteta odnosno predstavljaju samo sredstvo za redukovanje troškova goriva koje bi se potrošilo. Međutim, kako se iskustva sa korišćenjem vetra nagomilavaju, u nekim prilikama ona mogu biti smatrana delom vršnog ili drugog kapaciteta.

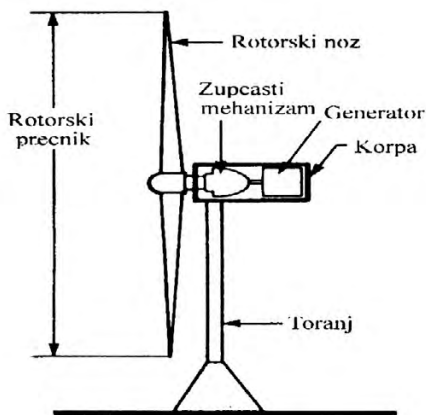
Ukupna procenjena količina energije vetra globalno posmatrano iznosi $2,6 \times 10^{12}$ TWh godišnje, od čega se iskoristivom smatra 2×10^5 TWh godišnje. Kolika je to ogromna količina energije najbolje se može shvatiti ako se ima u vidu da procenjena energija koja dopire na tlo zemlje sunčevim zracima iznosi 10×10^{19} TWh godišnje.

Na raspoloživu energiju vetra veliki uticaj imaju promene pravca, smer, brzine, intenziteta vetra, kao i temperature i sastava vazduha. Generalno, jaki vetrovi javljaju se u polarnim krajevima i krajevima sa umerenom klimom, dok su u tropskim predelima dominantni slabi vetrovi. Vetrovi su takođe jači u priobalnim krajevima, a slabiji u unutrašnjosti zemlje. Oni su jači u planinskim predelima nego u ravninama. Značajne razlike postoje u pogledu prirode vetra na određenim lokalitetima iste regije. Sve se veoma komplikuje ako se imaju u vidu i promene u vremenu, kako tokom mesečnog perioda, tako i posmatrano na godišnjem nivou. Čak i ukoliko se odabere pogodna lokacija, potrebno je zadovoljiti određene zahteve kao što su fizičke osobine vazduha: gustina, vlažnost, čistoća itd. Na primer, u zavisnosti od gustine vazduha uređaji na koje treba preneti energiju vetra biće veće ili manje površine.

Električnu energiju proizvedenu iz energije vetra moguće je koristiti direktno za pokretanje motora za jednosmernu struju, njeno akumuliranje u akumulatorskim baterijama ili vraćanje u prenosnu mrežu ukoliko je vetrom generisana energija u sinhronizmu sa centralizovanim elektroenergetskim sistemom. U tom pogledu se koriste sinhroni invertori u sklopu sa jednosmernim generatorom ili, pak, indukcionim generatori koji omogućavaju da se generisana energija direktno koristi na naizmeničnom naponu.

Turbine na vetar konvertuju kinetičku energiju vetra u električnu energiju. Vetar okreće rotor turbine, koji zatim pokreće generator električne energije. U osnovi postoje dva tipa turbina na vetar: turbina na vetar sa horizontalnom osom (TVHO) i turbina na vetar sa vertikalnom osom (TVVO). Ovi tipovi se razlikuju u osi

rotacije rotora turbine. U TVHO (slika 1) rotacije se dešavaju oko ose paralelne zemlji, dok je kod TVVO (slika 2) osa rotacije vertikalna odnosno normalna na zemlju.



Slika 1. Turbina na vetar sa horizontalnom osom (TVHO)

TVHO rade na principu potiska. Sila podizanja je ono što se želi postići, jer se sa njom obezbeđuju velike brzine, veći odnos izlazne snage prema težini, kao i niža cena koštanja prema izlaznoj snazi.

TVHO imaju dvonožaste ili tronožaste rotore, namontirane na toranj na visini gde je dovoljna brzina vetra i niža turbulencija. Nož vetroturbine je sličan nožu avionskog propelera. Rotori mogu biti postavljeni ili uz vetar (ispred tornja) ili niz vetar u odnosu na toranj. Postoje takođe različita projektantska rešenja za pričvršćivanje noževa vetroturbina za turbinu. Fiksne turbine imaju noževe pričvršćene za glavčinu rotora u fiksnoj poziciji i rotorskoj orijentaciji. Promenljive turbine dopuštaju noževima da rotiraju oko sopstvenih osa radi pomoći u startovanju, zaustavljanju i regulisanju izlazne snage. Ljuljajući noževi su pričvršćeni za glavčinu fleksibilnim spojevima i mogu pomoći u apsorbovanju opterećenja vetra koje trpi turbina.

Rotori vetroturbina postavljenih uz vetar mogu biti skrenuti sa pravca vetra. Ovakve turbine zahtevaju sisteme kontrole skretanja sa pravca da bi se održao rotor usmeren u pravcu vetra. Vetroturbine postavljene niz vetar teže samokorekciji, pošto rotor deluje kao njegova sopstvena kontrola skretanja sa pravca. Međutim, vetroturbine postavljene niz vetar trpe uticaj tornja koji je ispred noževa zbog turbulencije vazдушnih masa usled prisustva tornja i zbog promene brzine vetra do koje dolazi zbog prolaska vetra pored tornja. Ima nekoliko mehanizama projektovanih

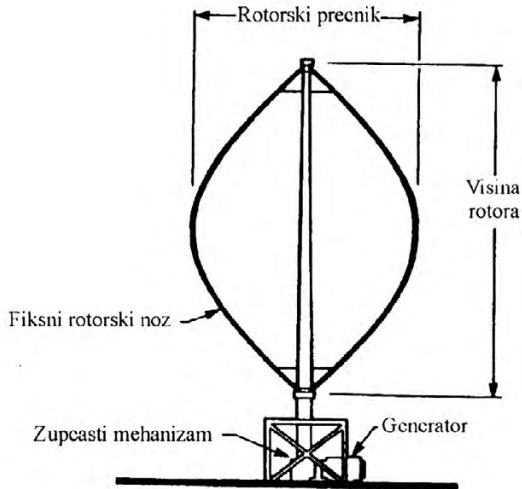
da održe nož pravilno orijentisan u struji vetra. Turbina može imati kormilo za kontrolu skretanja sa pravca. Uobičajeno je da veće mašine imaju aktivne motorom pokretane sisteme upravljane mikroprocesorima. Najveći broj turbina sa horizontalnom osom, instaliranih u novije vreme, imaju sisteme za kontrolu skretanja sa pravca.

Toranj kod TVHO podiže turbinu i rotor na oko 24-45m iznad zemlje. U sadašnjim i prošlim generacijama vetroturbina konstantne brzine, toranj je morao biti izradjen od materijala koji su mu davali tvrdoću i otpornost da izdrži jake nalete i promenjive brzine vetra. Sa upotrebom novih složenih (kompozitnih) materijala, tornjevi su postojaniji i lakši. Vetroturbine sa promenjivom brzinom omogućavaju efikasnije generisanje električne energije, koristeći i jake nalete vetra.

TVVO imaju dva do četiri noža koja se obrću oko vertikalne centralne osovine. Darrieus turbina je najčešća komercijalno dostupna turbina na vetar sa vertikalnom osom. Darrieus vetroturbina ima zakrivljene noževe povezane sa vrhom i dnom ose rotacije. Prednosti Darrieus vetroturbina sa vertikalnom osom u poređenju sa horizontalnoosnim tipovima su nepostojanje potrebe za posebnom konstrukcijom nosača, te nepostojanje potrebe za praćenjem pravca vetra i lakši pristup opremi noža i zupčastog mehanizma radi servisiranja i održavanja, jer su oni smešteni na nivou bliskom zemlji. Njihov glavni nedostatak je taj što ne mogu iskoristiti jače vetrove udaljene od zemlje, pošto njihovi rotori nisu montirani tako visoko iznad zemlje kao rotori turbina sa horizontalnom osom.

Vetosistemi uključuju elektronska upravljanja snagom koja procenjuju brzinu vetra i strukturu proticanja. Sistem optimizuje rad turbine kako uslovi vetra variraju. U sadašnjoj generaciji vetroturbina, optimizacija znači obezbeđivanje da vetroturbina radi sa konstantnom brzinom kako se brzina vetra menja ili kako se jaki naleti vetra dešavaju. Vetroturbine sa promenjivom brzinom koje se sada razvijaju mogu da rade u uslovima jakih naleta vetra. Ovakve turbine zahtevaju elektronska upravljanja snagom.

Oprema za kontrolu snage je takođe značajna u sistemima vetroturbina. Varijacija u brzini vetra znači da turbina ne mora uvek raditi optimalno da proizvede stalan protok električne energije koja ima iste fizičke karakteristike kao i električna energija koja se transportuje kroz prenosne vodove (dalekovode). Oprema za kontrolu snage konvertuje električnu energiju iz vetroturbine u kompatibilnu formu. Na primer, oprema za kontrolu snage osigurava da električna struja vetroturbine bude iste frekvencije sa električnom strujom dalekovoda.



Slika 2. Turbina na vetar sa vertikalnom osom (TVVO)

Danas je u najrazvijenijim zemljama sveta na raspolaganju čitav niz komercijalnih, vetroom gonjenih turbina-generatora i to u opsegu od nekoliko desetina vati pa do 50kW (vetrogeneratori malih snaga), sa prečnikom od 60cm do 12m i brojem noževa na propeleru od 2 do 48, a za nominalne brzine vetra od 25km/h do 65km/h i brzine uključivanja od 8km/h pa naviše. Brzina pri kojoj vetar počinje da proizvodi dovoljno snage da bi turbina radila, odnosno, brzina uključivanja, veoma je važan parametar.

Vetrogeneratori velikih snaga dostižu snagu od nekoliko MW, a imajući u vidu da mogu da formiraju i čitave farme, onda se tu radi o postrojenjima značajnog instalisanog kapaciteta. Vetrogeneratori velikih snaga se izrađuju kao horizontalnoosni tip i njihove turbine karakteriše veliki raspon propelera. Konstrukcija velikih jedinica je otvorila nove probleme kao što su aerodinamika propelera, kontrola brzine obrtanja i upotreba novih materijala. Zbog toga se i avionska industrija uključila u proizvodnju vetrogeneratora velikih snaga.

3. FAKTORI KOJI OGRANIČAVAJU KORIŠĆENJE VETRA ZA PROIZVODNJU ELEKTRIČNE ENERGIJE

Energija vetra obezbeđuje kinetičku energiju u vazдушnom medijumu.

Vetrovi nastaju promenama u atmosferskom pritisku izazvanim promenama temperature zemlje i atmosfere. Na pojavu vetra utiču, takođe, rotacija zemlje i frikcionni sudari sa zemljinom topografijom.

Kao što je to slučaj sa drugim obnovljivim izvorima energije, vetrovi nisu ravnomerno raspoređeni. Vetrovi se karakterišu klasama gustine snage vetra, koje se kreću od klase 1 (najniža) do klase 7 (najviša). Vetar je dobar izvor energije ako je klase 4 ili više, odnosno ako je prosečna godišnja brzina vetra 23 km/h ili veća. Brzina vetra je kritično svojstvo energije vetra, zato što je energija vetra proporcionalna sa trećim stepenom brzine vetra. Mnogi regioni u našoj zemlji poseduju klasu 4 ili veću, ali je potrebno izvršiti adekvatno istraživanje aeroenergetskog potencijala i sačiniti atlas vetra za celu teritoriju zemlje i na osnovu njega pristupiti izboru lokacija vetrogeneratora.

Upotrebu vetra za proizvodnju električne energije ograničavaju različiti faktori. Zbog neizvesnosti u pogledu pojave vetra i njegovog intenziteta, vetrovi se ne mogu generalno smatrati dovoljno pouzdanim da garantuju performanse. Pošto vetrovi ne mogu da se akumuliraju (osim ako se koriste baterije), svi vetrovi se ne mogu iskoristiti da u određenom vremenu zadovolje potrebe za električnom energijom. Nadalje, vetrovi su vrlo često locirani daleko od potrošača električne energije dobijene iz energije vetra. Na kraju, energija vetra korišćena za proizvodnju električne energije je u takmičarskom odnosu sa energijom vetra korišćenom za druge namene na određenom zaposednutom području odnosno te druge alternativne upotrebe mogu više odgovarati za neke lokacije. Uticaji na okolinu instalacija za proizvodnju električne energije iz energije vetra obuhvataju sledeće: raspoloživost zemljišta, TV i radio smetnje, buku, estetiku, uticaj na biosferu, kao i druga lokalna ograničenja. Tu je potrebno pomenuti i negativni uticaj na ptice koje dezorijentišu visoke svetle konstrukcije, pa su naročito noću, česta pojava njihovi sudari sa tornjem. Velike mašine takođe imaju potencijalni rizik zbog kolapsiranja tornja. Buka, odnosno zvuk niskih učestanosti, naročito kada su u pitanju farme vetrogeneratora, može predstavljati svojevrsan problem. Izgradnja vetrogeneratorskih instalacija zahteva i aktivnosti kao: raščišćavanje okoline, izgradnja pristupnih puteva, temelja itd., a što sve u značajnoj meri utiče na okolinu. Kod farmi vetrogeneratora, kada je rastojanje između dve jedinice najčešće određeno sa 7 do 10 prečnika propelera, postoji potreba za zaposedanjem velikih površina koje, u slučajevima kada se radi o obradivom zemljištu, moraju biti otuđene od poljoprivrede.

4. DOGAĐAJI KOJI ĆE NAJVEROVATNIJE REZULTOVATI U POVEĆANJU KORIŠĆENJA ENERGIJE VETRA ZA PROIZVODNJU ELEKTRIČNE ENERGIJE

Sveukupni ekonomski rast, globalno posmatrano, i sa tim u vezi porast u potrebama za električnom energijom glavne su determinante porasta svih kapaciteta za proizvodnju električne energije, uključujući i kapaciteta koji koriste obnovljive

izvore energije, pa samim tim i onih koji koriste energiju vetra u proizvodnji električne energije. Pored ovoga, sve ograničenije količine fosilnih goriva i njihove sve veće cene, bilo direktno bilo kroz razne penale koji se nameću zbog očuvanja životne sredine raznim tehnologijama za proizvodnju električne energije iz klasičnih goriva kao zagađivačkim, će pospešiće istraživanja, razvoj i masovnije korišćenje energije vetra u proizvodnji električne energije. U prilog ovom idu i povećani lokalni i globalni rizici po okolinu. Neke procene zdravstvenih rizika različitih energetskih izvora ukazuju da su obnovljivi izvori energije generalno više od 10 puta manjeg rizika od svih fosilnih goriva, izuzev prirodnog gasa.

Tržište tehnologija za proizvodnju električne energije iz energije vetra verovatno će se širiti, ako troškovi nastave da opadaju i ako se nastavi poboljšanje njihove pouzdanosti. Ukoliko se naponi na obaranju troškova tornjeva i noževa pokažu plodnim, to će voditi značajnoj sveukupnoj redukciji troškova. Slično ovome, ukoliko se problemi u projektovanju iz prošlosti prevaziđu, trebalo bi da se nastavi poboljšanje pouzdanosti i opadanje troškova održavanja. Uspeh vetroturbin sa promenljivom brzinom, koje se adaptiraju brzim promenama brzine vetra, mogao bi poboljšati pouzdanost i efikasnost jedinica za proizvodnju električne energije iz energije vetra. Kao što je to slučaj kod solarnih tehnologija, tržište za vetroturbin bi moglo biti potpomognuto upotrebom troškovno-efektivnih uređaja za akumuliranje energije, koji bi mogli povećati pouzdanost sistema i obezbediti energiju u periodima slabijeg vetra.

Generalno posmatrano, uspeh tehnologija za proizvodnju električne energije iz energije vetra dogoditiće se onda, kada ove tehnologije obezbede pouzdano snabdevanje potrošača električnom energijom po ceni ne većoj od cene električne energije dobijene iz konvencionalnih alternativa.

5. ZAKLJUČCI

1. Ograničene domaće rezerve fosilnih goriva, rizici po okolinu i najnovija tehnološka saznanja sugerišu revalorizaciju uloge obnovljivih izvora energije u proizvodnji električne energije u SR Jugoslaviji;
2. Posebno je značajno odmah pristupiti kompletiranju ulaznih podataka za domaće obnovljive izvore energije i kontinuirano pratiti i osvajati najsavremenije energetsko-ekonomsko-ekološke metodologije;
3. Neophodno je iniciranje i državno subvencioniranje programa za obnovljive izvore energije, podržanih odgovarajućim naučnoistraživačkim i obrazovnim aktivnostima, kao i međunarodnom saradnjom.

LITERATURA

- [1] Renewable Resources in the U.S. Electricity Supply, *Energy Information Administration*, February 1993.

- [2] M.Đurović, I.Vujošević: "Energija vjetra kao suplementarna energija", *Elektrotehnički fakultet Podgorica*, septembar 1984.godine.
- [3] J.L.Schefter: "Capturing Energy from the Wind", *NASA*, 1982, Washington DC.
- [4] J.Park: "The Wind Power Book", *Cheshire Books*, California 1981.
- [5] W.R.Goodin, L.Annen: "Generating of Power from the Wind", *Engineering Bulletin* 65, 1982.
- [6] Jordan Pop-Jordanov, Vladimir Pesevski: "Possible Role of Renewables for Electricity Generation", 1995.
- [7] H.Požar: "Osnove energetike I", *Školska knjiga Zagreb*, 1976.

WIND FOR ELECTRICITY GENERATION

ABSTRACT:

The paper presents the technologies currently using wind to generate electricity, factors that limit this conversion and events that will most likely result in the increased use of wind energy for electricity generation over the coming decades.