

Vetroturbine

Uvod

Vetroturbine se koriste za proizvodnju električne energije pretvarajući kinetičku energiju vetra u mehaničku energiju, nakon čega generator pretvara tu mehaničku energiju u električnu. Postoje različite konstrukcije vetroturbina. Cilj je da se postigne što veći stepen iskorišćenja i stabilan rad u što širem opsegu brzina. Koeficijent korisnog dejstva ovih mašina (količnik proizvedene energije i energije koju vetar utroši na obrtanje) ne može preći Betzovu teorijsku granicu 59,3% (benzinski motor ima oko 35%) [3].

Glavna podela vetroturbina je na vetroturbine sa vertikalnom i horizontalnom osovinom.

Kod vetroturbina sa vertikalnom osovinom vetar struji normalno na osu rotacije, pa se one ne moraju usmeravati prema smeru duvanja vetra. Kod njih se generator postavlja u podnožje turbine, pa nisu potrebni jaki tornjevi. Obično se gradi sa dva ili tri luka. Vetroturbine sa vertikalnom osovinom, generalno imaju nizak stepen iskorišćenja, pa se iz tog razloga danas praktično ne koriste za vetroagregate većih snaga. [5]

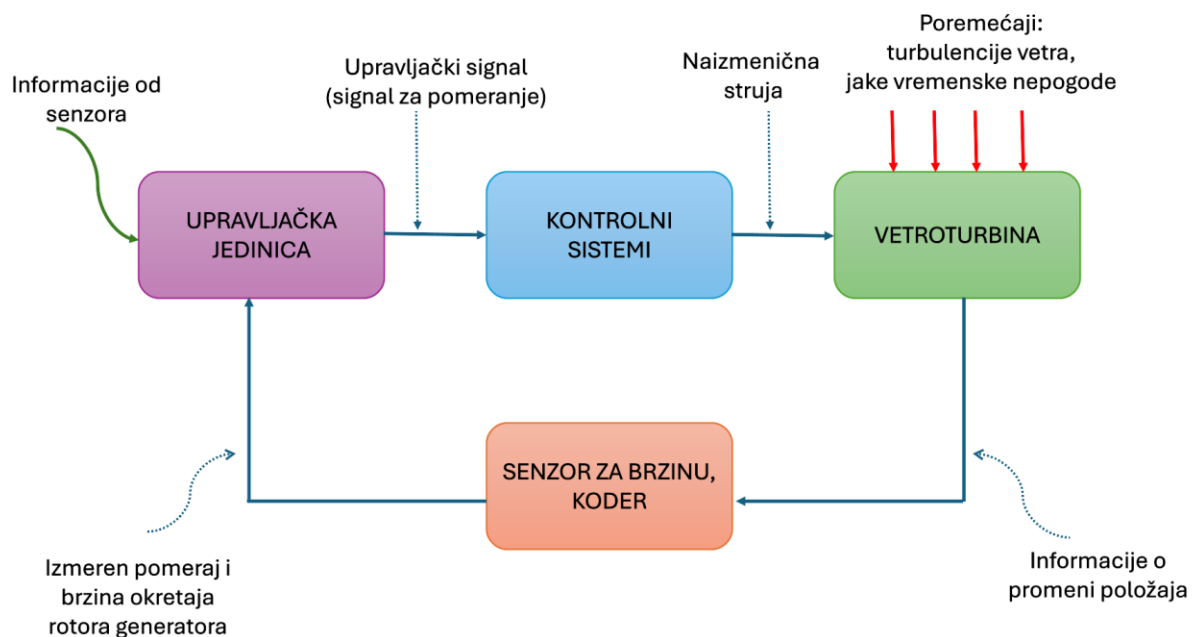
U nastavku ovog rada će se govoriti o vetroturbinama sa horizontalnom osovinom.

Vetroturbine sa horizontalnom osovinom mogu biti postavljene uz i niz vetar. Vetroturbine postavljene niz vetar se same prilagođavaju smeru vetra. Nedostatak im je što lopatice pri rotaciji prolaze kroz zavetrinu stuba, čime se stvaraju mehaničke vibracije i buka. Osim toga, stub stvara i turbulencije što smanjuje efikasnost vetroturbine, pa se ovaj koncept ne koristi za veće snage. [5] One koje se postavljaju uz vetar su efikasnije (zbog čega ćemo ovaj tip dalje istraživati), ali njihove elise moraju biti jače zbog većeg impakta vetra. [6]

Održavanje rada sistema i povezanost komponenti

Vetar pokreće elise (engl. *Blades*) koje se okreću zajedno sa svojim čvorištem (engl. *Hub*) koje je povezano sa osovinom male baze (engl. *Low-speed shaft*). Ta osovina se okreće sporo, sa 8-20 okretaja po minuti (engl. *rpm, rotations per minute*), jer se same elise okreću sporo. Osovina se zatim povezuje sa menjačem (engl. *Gearbox*) koji povećava brzinu okretaja od 8-20 okretaja po minuti do 1.000-1.8000 okretaja po minuti, što je rotirajuća brzina koja je neophodna većini generatora za proizvodnju električne energije.

Ta brzina okreataja po minuti se preko osovine velike brzine (engl. *High-speed shaft*) prenosi do generatorovog rotora. Osovina velike brzine okreće rotor, koju proizvodi električnu energiju i održava je na konstantnoj frekvenciji od 50 ili 60Hz (električna energija od 50Hz se koristi u domaćinstvima u državama kao što su Australija, države Evrope, Indija i druge, dok se 60Hz koristi u Americi, Kanadi i još nekoliko država). Izlaz generatora putuje niz toranj vetroturbine u kابلu do transformatora koji primaju naizmeničnu struju na jednom naponu i povećavaju ili smanjuju napon da bi isporučili električnu energiju po potrebi. Ta električna energija će se dalje prenositi dok ne stigne do potrošača kao što su kuće ili gradovi. [6][7]



SLIKA 1: Funkcionalni prikaz sistema

Upravljačka jedinica vetroturbine tj. kontroler (engl. **Controller**) ima više uloga: održavanje konstantne brzine rotora generatora usled promene pravca, smera ili jačine vetra; kontrola kočnica (hidraulične kočice i disk kočnice koje drže kupolu vetroturbine u određenom položaju i disk kočnica koja zaustavlja rad generatora); i kao što je prikazano na slici SLIKA 1 održavanje najoptimalnijeg položaja kupole vetroturbine i nagibnih uglova elisa za trenutni pravac, smer ili jačinu vetra. Upravljačka jedinica dobija informacije od senzora (kao što su anemometar i vetrokaz) o trenutnom smeru i brzini vetra, na osnovu čega ona šalje uputstva za dalji rad do dve grupe motora (na SLIKA 1 predstavljeni kao kontrolni sistemi).

U prvu grupu spadaju motori koji pripadaju sistemu nagiba (engl. **Pitch control**) i podešavaju nagibni ugao elise kontrolišući brzinu rotora. Elise se podešavaju da bi se povećala sila koja podiže elisu (engl. **Lift**) i smanjio aerodinamički otpor (engl. **Drag**) zbog čega se elise brže okreću i mogu da iskoriste više energije vetra. Sistem nagiba takođe može da podesi ugao elise tako da one ne proizvode koja bi izazvala okretanje rotora (elise vetroturbine i njihovo čvorište zajedno čine rotor). To usporava rotor turbine kako bi se sprečilo oštećenje mašine kada su brzine vetra prevelike za bezbedan rad.[7] Druga grupa motora su oni motori za skretanje (engl. **Yaw control**), koji pokreću pogon za skretanje (engl. **Yaw drive**) koji izvršavaju promenu položaja kupole turbine kako bi vetar nailazio na elise vetroturbine pod pravim uglom. [1][2]

Nakon izvršavanja potrebnih promena, koder (engl. **Encoder**) vraća informacije o tome za koliko stepeni se kupola okrenula tako što uzima informacije o broju “zuba” zubčanika na kojem kupola vetroturbine stoji i pretvarajući tu vrednost u stepen ugla za koji se kupola okrenula. Praćenjen tačne pozicije kupole se sprečava oštećenje kabla koji prenosi električnu energiju generatora do transformatoroa u podnožju vetroturbine. Senzor za brzinu meri broj okretaja rotora generatora po minuti. Na osnovu tih informacija se određuje kako će se delovati na generatorov rotor ili kočnice kako bi se održala konstantna frekvencija električne energije ili se izbeglo pregrevanje generatora i njegov kvar.

Cilj upravljanja

Suštinski cilj upravljanja jeste održavanje konzistentne proizvodnje električne energije, što podrazumeva održavanje konzistentnog obrtaja rotora u generator . Krucijalnu ulogu u održavanju rada vetroturbina i njihovom pravilnom funkcionisanju imaju senzori. Bez senzora, vetroturbine bi bile manje bezbedne, nestabilnije, skuplje za rad, ne bi bile u stanju da precizno predvide i reše predstojeće kvarove ili bi potencijalno imale kraći vek trajanja od predviđenih 25 godina. Najvažnije, vetroelektranama su potrebni tačni podaci o svakoj turbini i njenim najvažnijim komponentama koje se mogu obezbediti samo međusobnom povezanošću i povezanošću sa senzorima i komandnim centrom.

Fizičke veličine

Fizičke veličine koje utiču na sistem:

1. Brzina vetra

2. Smer vetra
3. Temperatura internih komponenti, pre svega generatora
4. Trenutni obrtaj generatora
5. Ugao/položaj elise
6. Trenutni rotacioni položaj vetroturbine
7. Brzina okretanja elisa vetroturbine

Ograničenja u sistemu

1. Maksimalna izlazna snaga generatora
2. Maksimalni obrtaj generatora
3. Maksimalne predviđene temperature rada internih komponenti
4. Maksimalna rotacija turbine (radi sprečavanja oštećenja kabla)
5. Minimalna i maksimalna brzina vetra - Minimalna brzina vetra (engl. *Cut-in speed*) je minimalna brzina vetra neophodna za pokretanje elipsi vetroturbine, maksimalna brzina vetra (engl. *Cut-out speed*) je granična brzina vetra do koje vetroturbina normalno funkcioniše. Kada brzina vetra pređe tu granicu, elise vetroturbine će se okrenuti tako da prestanu sa rotiranjem, a generator se mora zaustaviti kočnicom kako ne bi došlo do kvarova.

Bibliografija

- [1] <https://www.energy.gov/articles/how-wind-turbine-works>
- [2] <https://www.airpes.com/wind-turbine-parts/>
- [3] <https://www.energy.gov/eere/wind/how-do-wind-turbines-work>
- [4] https://www.mouser.in/applications/tiny-Sensors-Role-in-Wind-Turbines/?_gl=1*1lhbyk6*_ga*MjAxNzE4MjA3MS4xNzEwMDcwNzU3*_ga_1KQLCYKRX3*MTcxMDQxMjcyMC43LjAuMTcxMDQxMjcyMC4wLjAuMA..*_ga_15W4STQT4T*MTcxMDQxMjcyMC43LjAuMTcxMDQxMjcyMC42MC4wLjAu
- [5] <https://prezentacijavetroagregati.wordpress.com/category/vetroturbina/>
- [6] <https://youtu.be/Hf875eOVrVI?si=j7O65A89GY-hG7IJ>
- [7] <https://www.energy.gov/eere/wind/how-wind-turbine-works-text-version>

Autori:

RA 18/2022 Anja Guzina

RA 26/2022 Bogdan Cvetanovski Pašalić

RA 29/2022 Isidora Vasić

RA 32/2022 Ana Mijatović