

Stručni članak

ODNOS OBNOVLJIVIH I NEOBNOVLJIVIH IZVORA ENERGIJE NA NIVOU SVJETSKE POLITIKE TE PRILIKE I IZAZOVI ZA BOSNU I HERCEGOVINU S POSEBNIM OSVRTOM NA ENERGIJU VJETRA

Mr sc Elvir Čajić; email: ecajic86@gmail.com

Osnovna škola „Prokosovići“ Lukavac

Damir Bajrić, prof; email: bajric.damir@gmail.com

Gimnazija Meša Selimović Tuzla

Mr sci Irma Ibrišimović; email: irmaibrisimovic94@gmail.com

PMF Tuzla

Sažetak: Život na Zemlji nastao je i opstao milijunima godina zahvaljujući povoljnim klimatskim prilikama. Klima se može promatrati kao obnovljivi resurs kojemu je energetska komponenta energija sunca, a materijalna komponenta su okeani kao rezervoari za vodu. Energija sunca potiče kruženje vode na Zemlji i time omogućava život. Tamo gdje nema vode nema ni kvalitetnog života, npr. u pustinjama. Klimatske promjene na zemlji dostigle su takav nivo da možemo govoriti o klimatskoj krizi. Vizija izlaska iz te krize je vrlo jasna i to je povratak na manje štetne izvore energije. Međutim, lobiji koji zagovaraju daljnju upotrebu fosilnih goriva i nuklearne energije daleko su premoćni na tržištu energije i trenutno nema nikakvih naznaka usporavanja potrošnje "prljavih" izvora energije. Takav pristup mogao bi u budućnosti znatno promijeniti klimu, a time bi život klimatski osjetljivih biljaka i životinja bio ugrožen. Budući da sve vrste žive u prirodnoj ravnoteži to bi utjecalo na cijeli biološki sustav Zemlje. Da bi se izbjegla takva budućnost Zemlje, neke države počele su poticati programe štednje energije i prelazak na "čiste" izvore energije. Globalno gledano za sada nema velikog napretka u tome jer je količina energije dobivena na taj način zanemariva prema energiji dobivenoj od fosilnih goriva i nuklearnih elektrana.

Ključne riječi: Energija, vrste energije, obnovljivi izvori, energija vjetra.

THE RELATIONSHIP BETWEEN RENEWABLE AND NON-RENEWABLE ENERGY SOURCES AT THE LEVEL OF WORLD POLITICS AND OPPORTUNITIES AND CHALLENGES FOR BOSNIA AND HERZEGOVINA WITH SPECIAL REFERENCE TO WIND ENERGY

Abstract: Life on Earth arose and survived for millions of years thanks to favorable climatic conditions. The climate can be viewed as a renewable resource whose energy component is the energy of the sun, and the material component is the oceans as water reservoirs. The energy of the sun promotes the circulation of water on Earth and thus makes life possible. Where there is no water, there is no quality of life, e.g. in the deserts. Climate change on earth has reached such a level that we can speak of a climate crisis. The vision of getting out of that crisis is very clear and it is a return to less harmful energy sources. However, the lobbies advocating the continued use of fossil fuels and nuclear power are far too powerful in the energy market and there are currently no signs of slowing down the consumption of "dirty" energy sources. Such an approach could significantly change the climate in the future, and thus the life of climate-sensitive plants and animals would be threatened. Since all species live in a natural balance, this would affect the entire biological system of the Earth. To avoid such a future for the Earth, some countries have begun to encourage energy conservation programs and the transition to "clean" energy sources. Globally, for now there is no great progress in this, because the amount of

energy obtained in this way is negligible compared to the energy obtained from fossil fuels and nuclear power plants.

Key words: Energy, types of energy, renewable sources, wind energy.

UVOD

SOLARNA energija, koja dolazi od sunčevog zračenja, GEOTERMALNA energija, koja dolazi od topline Zemljine unutrašnjosti, radioaktivnog raspada izotopa teških jezgara, unutrašnjost Zemlje stalno se zagrijava, ali postoji i toplotni tok prema hladnijoj površini. Zbog toga je ravnotežna temperatura unutrašnjosti oko 4000 K, a krenemo li od površine Zemlje prema unutrašnjosti na svakih 30 m dubine temperatura se povisi za oko 1 K. Ova se energija može koristiti bušenjem Zemljine kore i ubrizgavanjem vode kao izmjenjivača toplote. Tako dobivena energija je, za sada, još uvijek skupa u usporedbi s drugim izvorima energije.

GRAVITACIONA energija, koja se očituje kao plima i oseka.

Plima i oseka nastaju zbog gravitacijskog privlačenja prvenstveno Mjeseca, manjim dijelom i Sunca, te rotacije Zemlje. Gravitacijska sila deformiše površinu okeana, stvarajući ispupčenja na strani najbližoj, i najdaljoj Mjesecu. Zbog rotacije Zemlje taj poremećaj obilazi Zemlju stvarajući plimu i oseku dva puta dnevno. Visinska razlika je u prosjeku manja od 0.5 m, ali na nekim mjestima može iznositi i do 12 m, te biti vrlo povoljna za pogon hidroelektrane.

Obnovljivi izvori energije, ne uključujući hidroenergiju, daju manje od 1% ukupno potrebne energije. Sunce isporučuje Zemlji 15 hiljada puta više energije nego što čovječanstvo u sadašnjoj fazi uspijeva potrošiti, ali usprkos tome neki ljudi na Zemlji se smrzavaju. Razvoj obnovljivih izvora energije (osobito od vjetra, vode, sunca i biomase) važan je zbog nekoliko razloga:

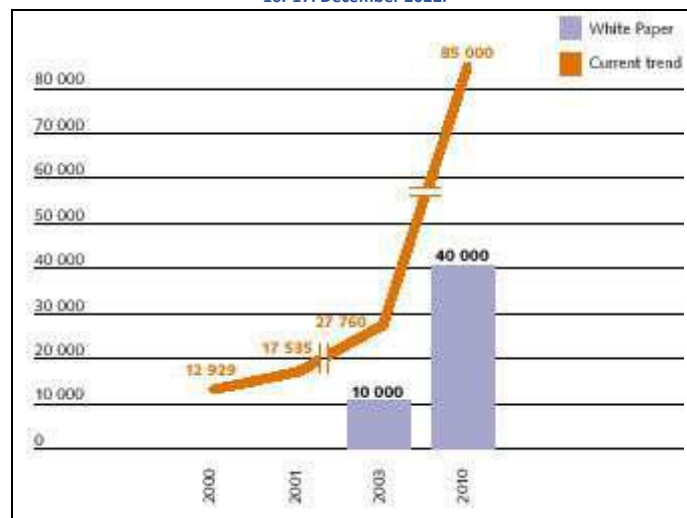
- obnovljivi izvori energije imaju vrlo važnu ulogu u smanjenju emisije ugljičnog dioksida (CO₂) u atmosferu.
- povećanje udjela obnovljivih izvora energije povećava energetske održivost sistema.

OSTALI oblici energije:

- energija vjetra,
- male hidrocentrale,
- energija iz biomase
- i sunčeva energija, su ekonomski isplative.

Europska zajednica realizuje strategiju udvostručavanja upotrebe obnovljivih izvora energije od 2003. do 2010. godine. To znači da bi se ukupni udio obnovljivih izvora energije povećao sa 6% na 12% 2010. godine.

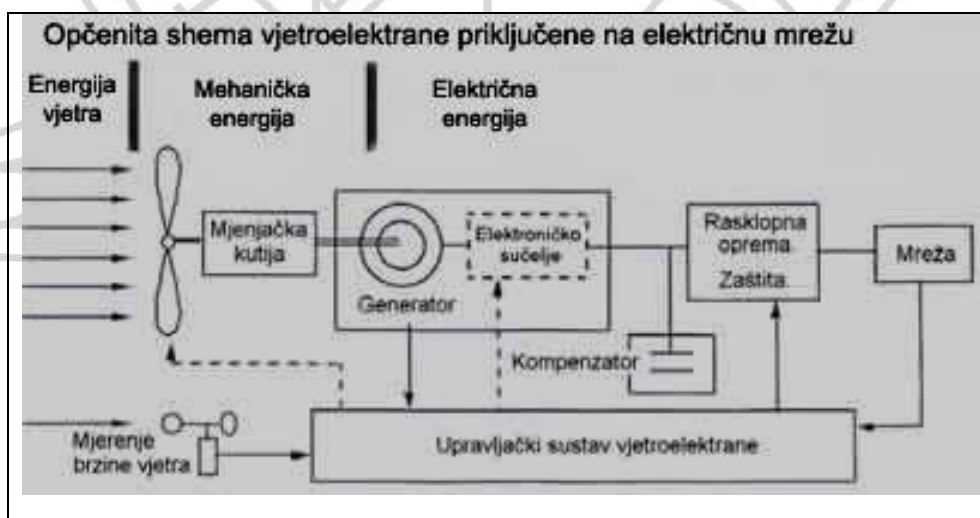
Energija vjetra (Wind energy)



Trend rasta proizvodnje energije iz vjetra i usporedba s ciljem Europske unije do 2010. godine. Zadani cilj će vjerojatno biti premašen za oko 100%.

Iskorištavanje energije vjetra je najbrže rastući segment proizvodnje energije iz obnovljivih izvora. U zadnjih nekoliko godina turbine na vjetar znatno su poboljšane. Najbolji primjer je njemačko tržište turbina na kojemu se prosječna snaga od 470 kW 1995. godine povećala na 1280 kW 2001. godine. Ovo povećanje snage postiglo se odgovarajućim povećavanjem veličine turbina gonjenih vjetrom. Trenutno su u razvoju turbine koje će moći generirati snagu između 3 i 5 MW. Neki proizvođači već su predstavili svoje prototipove u tom razredu snage (njemačka tvrtka Enercon trebala bi proizvesti turbinu snage 4.5 MW). Na slici prikazana je usporedba plana Europske unije sa trenutnim stanjem proizvodnje energije iz vjetra. Prema sadašnjim pokazateljima plan će biti ostvaren, čak će biti premašen za pola. Vrijednosti na slici su u megavattima (MW) i iz toga se vidi da je ukupna proizvedena energija zanemariva prema energiji dobivenoj iz neobnovljivih izvora energije. Udio energije vjerta u ukupnoj potrošnji energije je vrlo mali.

Nastanak vjetra i principi iskorištavanja



Princip pretvaranja i način priključivanja vjetrenjače na električnu mrežu. Moguća primjena je da se energija dobivena iz vjetra koristi kao sekundarni izvor energije za kućanstvo.

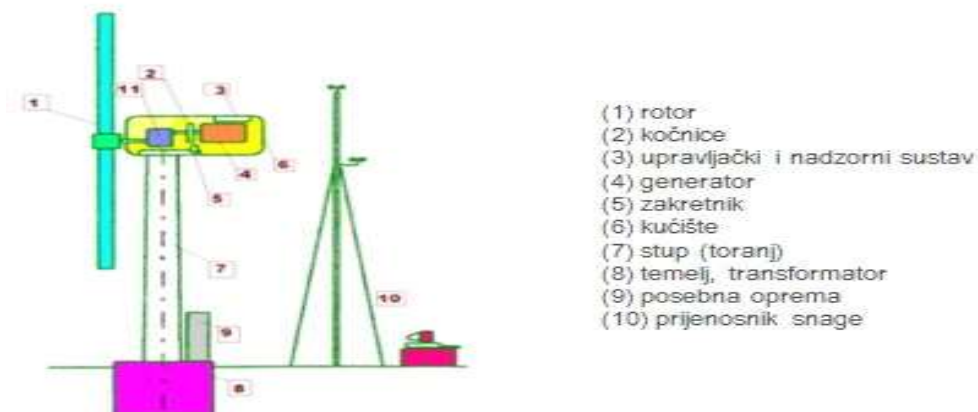
Energija vjetra je transformirani oblik sunčeve energije. Sunce neravnomjerno zagrijava različite dijelove Zemlje i to rezultira različitim pritiscima zraka, a vjetar nastaje zbog težnje za izjednačavanjem pritiska zraka. Postoje dijelovi Zemlje na kojima pušu takozvani stalni (planetarni) vjetrovi i na tim područjima je iskorištavanje energije vjetra najisplativije. Dobre pozicije su obale okeana i pučina mora. Pučina se ističe kao najbolja pozicija zbog stalnosti vjetrova, ali cijene instalacije i transporta energije koče takvu eksploataciju. Kod pretvaranje kinetičke energije vjetra u mehaničku energiju (okretanje osovine generatora) iskorištava se samo razlika brzine vjetra na ulazu i na izlazu. Albert Betz, njemački fizičar dao je još davne 1919. godine zakon energije vjetra, a koji je štampan 1926. godine u knjizi “Wind-Energie”. Njime je dan kvalitativni aspekt znanja iz mogućnosti iskorištavanja energije vjetra i turbina na vjetar. Njegov zakon kaže da možemo pretvoriti manje od 16/27 ili 59% kinetičke energije vjetra u mehaničku energiju pomoću turbine na vjetar. 59% je teoretski maksimum, a u praksi se može pretvoriti između 35% i 45% energije vjetra.

Atlas raspoloživosti vjetra

Europska unija i SAD izradile su atlase svojih resursa vjetra za brzine vjetra na 45 metara iznad površine zemlje. Danska mjeri svoje potencijale vjetra još od 1979. godine. Rezultat toga je da Danska danas ima najpreciznije informacije o vjetru, a to iskorištava za postavljanje novih vjetrenjača. Sjedinjene Američke Države uložile su golemu sredstva u izradu atlasa potencijalne energije vjetra za sva svoja područja. Gotovo 50 % ukupne površine SAD-a izuzetno je povoljno za iskorištavanje energije vjetra. Tu, dakako, dolaze visoki prostori zapadne i jugoistočne obalne fasade, osobito sjeverna područja uz Kanadu, gdje se udio električnih potencijala vjetra kreće od 15% do čak 36%. Taj centralni dio prostora SAD-a odnosi se na goleme površine pod prerijama. Uz geografsko pozicioniranje vjetrenjača, vrlo je bitna i visina tornjeva. Za svakih 10 metara visine tornja cijena se uvećava za 15 000 dolara. Veće turbine davat će više energije, ali zato različiti promjeri zahtijevaju veću visinu tornja, a oni diktiraju veću ili manju snagu turbine. Tako će za snagu turbine od 225 kW rotor imati raspon 27 metara, za 600 kW 43 metra, a za 1500 kW 60 metara. Danas se smatra da potreban minimum mora biti zadovoljen u pogledu rada vjetrenjače, a to je brzina vjetra od 25 km/h ili 6,9 m/s. U novije vrijeme grade se multi-megavatne turbine, poput one koja je koncem 1999. godine montirana u Danskoj: NEG Micon vjetrenjača od 2 MW ima rotor promjera 72 metra i nalazi se na 68 metara visokom tornju.

2.VRSTE I DIJELOVI VJETROELEKTARANA

Zavisno o konstrukcijskim i radnim značajkama, vjetroeletreane se dijele na: vjetroeletreane s vodoravnom osom i vjetroeletreane s vertikalnom osom; brzohodne i sporohodne; višelopatične, s nekoliko lopatica i s jednom lopaticom itd. Najveće i opšteprihvaćene vrste vjetroeletreana koje se koriste za proizvodnju električne energije su one s vodoravnim vratilom, brzohodne, s dvije do četiri lopatice. Osnovni dijelovi vjetroeletreane prikazani su na slici 1.



Slika 1 - Osnovni dijelovi vjetroelektrane

3. STUBOVI VJETROELEKTRANA

Stubovi nose kućište i rotor te su najteži i najveći dio vjetroelektrane. Visina stubova je od 1 do 1,8 puta veća od poluprečnika rotora i stub može težiti nekoliko stotina tona. Cijena stuba iznosi od 15 do 25 % ukupne cijene vjetroelektrane. Stub može biti prednost i mana cjelokupne konstrukcije i zato se mora dobro pripaziti kod odabira vrste stupa i njegovog projektiranja. Stubovi za velike vjetroelektrane mogu biti (slika 2): rešetkasti (najjednostavnija metoda izgradnje visokih i krutih tornjeva), armiranobetonski ili prednapeti (za stubove visine preko 80 m), samostojeći čelični cijevni (najčešće korišteni tip stupa), pridržani čelični cijevni (nisu ekonomski isplativi), stupovi koji su kombinacija armiranog betona i čelika



Slika 2 - Tipične vrste stubova vjetroelektrana: a) rešetkasti, b) armiranobetonski ili prednapeti, c) samostojeći čelični cijevni d) pridržani čelični cijevni [1]

Kod velikih turbina, cijena konstrukcije s povećanjem visine raste puno brže nego kod malih. Još je značajan i izbor lokacije o kojoj ovisi specifična energija vjetra.

Kod projektiranja stubova, važna je i njihova krutost. Dinamika stubova određena je proračunom prve vlastite frekvencije i njezinom usporedbom sa spektrom 1 P (frekvencija prolaza jedne elise). Tačno ostvarivanje prve vlastite frekvencije je vrlo važan zadatak, jer ona određuje količinu potrebnog materijala, a samim time i cijenu.

Transport i način podizanja stuba postaje sve veći problem kod velikih vjetroelektrana. Visine stubova premašuju 100 m, a težine kućišta na vrhu su po nekoliko stotina tona, što zahtijeva stubove baznog poluprečnika većeg od 5 m, pa cestovni prijevoz elemenata stubova više nije moguć. Optimalna cijena vjetroelektrane se može postići jedino aočnim uklapanjem konstrukcije stuba u ostatak konstrukcije. Iako se stub vjetroelektrane, posmatran odvojeno, može posmatrati kao uobičajena konstrukcija, njegovo projektiranje zahtijeva poprilično poznavanje ostalih dijelova vjetroelektrane.

4. PRORAČUN VJETROELEKTRANA

Brzina vjetra na visini z od površine zemlje:

$$v = v_{ref} \ln\left(\frac{z}{z_0}\right) / \ln\left(\frac{z_{ref}}{z_0}\right) \text{ gdje je}$$

v_{ref} referentna brzina, to jest brzina koja se poznaje na referentnoj visini od površine zemlje z referentno.

z_0 dužina hrapavosti u pravcu struje vjetra prosječna vrijednost od 1,5 predstavlja poljoprivredno zemljište sa nekoliko kuća i 8 metara visokom preprekom na udaljenosti od 1250 m od vjetroelektrane za vodenu površinu je 0.

Primjer ako duha vjetar brzinom od 7,7 m/s na visini od 20 metara. Kolika bi bila brzina vjetra na visini od 60 m. Ako je dužina hrapavosti 0,1 m slijedi da je:

$$v_{ref} = 7,7 \frac{m}{s}$$

$$z = 60$$

$$z_0 = 0,1$$

$$z_{ref} = 20$$

$$v = \frac{v_{ref} \ln\left(\frac{z}{z_0}\right)}{\ln\left(\frac{z_{ref}}{z_0}\right)} = \frac{7,7 \ln\left(\frac{60}{0,1}\right)}{\ln\left(\frac{20}{0,1}\right)} = 9,2966 \text{ m/s}$$

Dakle ako je hrapavost 0,1 povećanjem visine stuba veća je i brzina vjetra. Prva stvar koju moramo da imamo u vidu dakle je brzina vjetra za dobijanje električne energije iz vjetroelektrane.

Međutim prije nego se odlučimo graditi vjetroelektarnu na nekom prostoru potrebno je mjeriti brzine vjetra i pravce njegovog strujanja na jednogodišnjem ili višegodišnjem nivou. Pored svega navedenog sa aspekta dobijanja veće količine električne enrgije potrebno je razmotriti i potencijalnu lokaciju za izgradnju sa ekološkog i tehničkog aspekta

Druga stvar koja nas zanima jeste na koji način dobiti i iskoristiti energiju vjetra. Od čega zavisi energije vjetra te od kojih faktora zavisi.

Energija vjetra je kinetička energija koja zavisi od kvadrata brzine. Snaga vjetroelektrane je treći faktor koji nas zanima za dobijanje električne energije. Snaga vjetroelektrane je proporcionalna površini lopatica i trećem stepenu brzine vjetra.

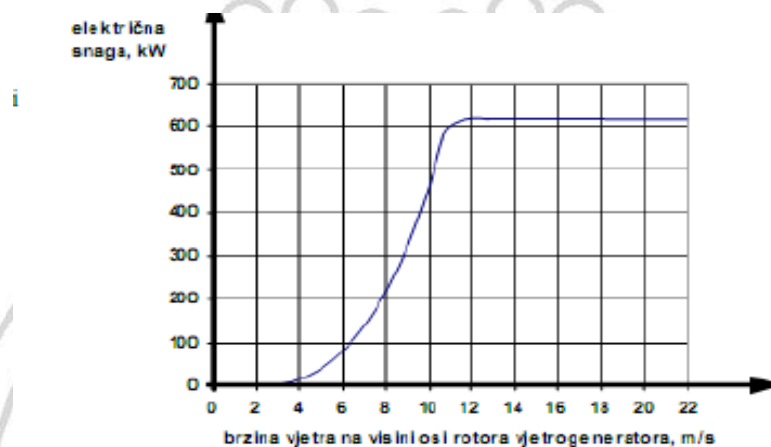
$P = k * S * v^3$, gdje je

k-konstanta zavisna od konstrukcije vjetroelektrane

S-površina lopatica

v-brzina vjetra

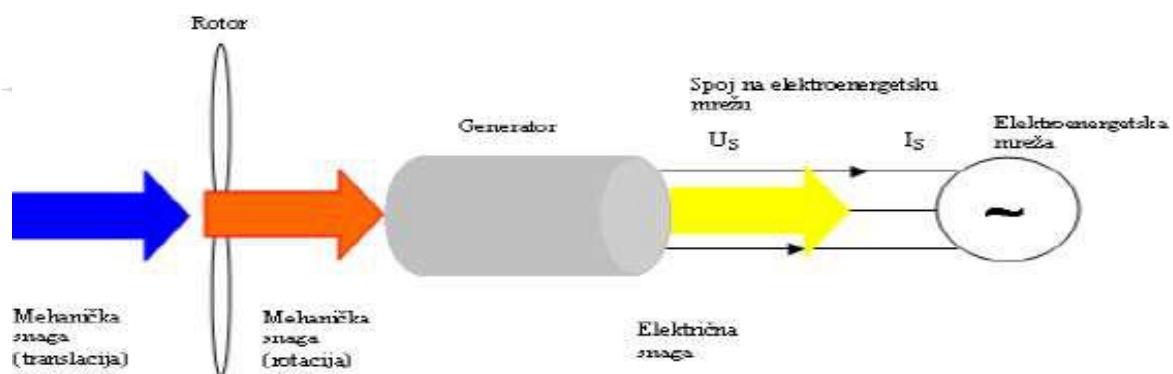
Prethodno vrijedi za brzine vjetra veće minimalne radne brzine 4m/s a manje od brzine vjetra pri kojoj se dostiže nazivna snaga generatora 12 m/s. Za veće brzine vjetra snaga se održava približno konstantna ali i postoje različiti načini regulacije, sve do maksimalne brzine vjetra 22 m/s pri kojoj se vjetroelektrana isključuje.



Slika 3. Grafički prikaz zavisnosti električne snage od brzine vjetra

Sistem konverzije energije obuhvata radni princip turbine na pogon za vjetar i obuhvata dva konverzijska procesa a koji se obavljaju na dva dijela vjetroelektrana:

- **Rotor**-koji preuzima kinetičku energiju vjetra i prevodi je u mehaničku energiju obrtanja rotora generatora i
- **Generatoru**-koji prevodi mehaničku energiju obrtanja u električnu energiju.



Slika 4. Šematski prikaz pretvaranja energije vjetra u električnu

U pretvaranju kinetičke energije vjetra u mehaničku energiju stvarno se iskorištava samo razlika brzine vjetra na ulazu i izlazu iz rotorskog područja vjetroturbine. teoretski maksimum je 59% a praktično se kreće od 35% do 45%.

Dakle ovaj dio našeg rada dokazuje početnu hipotezu ovog istraživanja da je primjena fizike neimenovna u proračunu vjetroturbine. naše tvrdnje se zasniva na oblasti koja se naziva rad energija i snaga te oblasti termodinamika koje su osnovne oblasti izučavanja fizike. S aspekta pretvaranje energije i konverzije energije fizika je našla svoju primjenu i u elektrotehnici.

4.1. Snaga turbine

Snaga turbine je proporcionalna površini kruga koji opsjuje rotor. Najveća snaga koja se može doći korištenjem turbina na vjetar je 500 W po kvadratnom metru opisnaog kruga. Istraživanja su provedene u Njemačkoj, Švedskoj, Finskoj, Norveškoj, Danskoj, Velikoj Britaniji. Od naših susjeda ozbiljnijim istraživanjem se jedino bavila Slovenija iako u posljednje vrijeme istraživanja su vršena i u Hrvatskoj i Srbiji.

Prečnik opisnaog kruga utiče na veličinu nazivne snage turbine. Tako veličina nazivnih snaga trurbina se kreću od 50 W za turbine sa prečnikom kruga koji opisuje rotor turbine od 6 m pa do nazivne snage od 3 MW sa prečnikom kruga od 60 metara.

4.2. Omjer turbine na vjetar

Omjer turbine na vjetar R predstavlja odnos brzina oboda vrha lopatica turbine vjetra i vjetra. Kako je obodna brzina jednaka proizvodu poluprečnika i ugaone brzine vrtnje omjer turbine se računa po formuli:

$$R = \frac{r \cdot \omega}{v_{vj}}$$

Gdje brojnik izraza predstavlja vezu u fizici između linijske i ugaone brzine. Veličina omjera R u sebi sublimira tehničke karakteristike turbine i karakteristiku prirode brzinu vjetra. Da bi se ostvarila optimalna veza između tih parametara potrebno je da turbine sa dvije lopatice imaju veličinu omjera r između 6 i 9, za turbinu sa tri lopatice između 4 i 5 a za četiri lopatice između 2 i 3.

4.3. Zakretni moment-ZM

Zakretni moment se računa po formuli:

$$ZM = c_{ZM} \frac{\rho \cdot S \cdot v^2 \cdot R}{2}, \text{ gdje je}$$

c_{ZM} - koeficijent zakretnih momenta

ρ – gustina zraka

S - površina kruga koji opisuju lopatice rotora turbine

Snaga turbine iz svih ovih parametara se dobija kao $P = ZM \cdot \omega$

4.4. Rayleighova i Weibullova raspodjela

Mnogi misle da prilikom proračuna vjetroelektrana mogu da zanemare Rayleighova i Weibullova raspodjelu. Međutim poptuno nisu u pravu. Recimo da je potrebno izračunati prosječnu snagu vjetroelektrane a da znamo samo brzinu vjetra i ne uzimajući u obzir ove dvije raspodjele. Recimo za brzinu vjetra od 5 m/s se ne može reći da je prosječna snaga 150 W/m^2 površine rotacije. Ako bismo to rekli podcijenili bismo kapacitet vjetra za gotovo 100%. Poenta je u tome da se ne može uzeti prosječna brzina vjetra ,te temeljenjem nje izračunati prosječna snaga. Mora se uzeti u obzir vjerovatnoća povezana sa svakom od brzina vjetra odnosno opteretiti svaku vjerovatnoću brzine vjetra odgovarajućom snagom. Razlog zašto se brine od brzinama vjetra jeste njihov energetski sadržaj ,upravo slično kao i sa bocama pitanje je kod brzina vjetra energija.

4.5. Proračun dobijanja električne energije iz turbine na vjetar

Potrebno je proračunati koliko količinu energije možemo dobiti iz turbine na vjetar čiji su podaci slijedeći: Koeficijent snage turbine u funkciji brzine vjetra dat je u tabeli 1. Godišnji prosjek brzine vjetra je 7 m/s Brana jezero modrac statistika.⁶⁴ Površina presjeka turbine je 5 metara kvadratnih.

Cks	0,05	0,25	0,38	0,38	0,27	0,18	0,11
v(m/s)	4	6	8	10	12	14	16

Tabela 1. Koeficijenti snage turbine u funkciji brzine vjetra

Dobivaju se veličine snage na koje se može računati , a za pojedine brzine vjetra.

v(m/s)	4	6	8	10	12	14	16
Pt(W/m ²)	9,8	165,4	595,8	1163,7	1428,8	1512,6	1379,8

Tabela 2. Dobijene vrijednosti za različite vrste vjetra u toku jedne godine

Prema Rayleigh-ovoj raspodjeli brzina vjetra za godišnji prosjek brzine vjetra 7 m/s određuje se vjerovatnoća pojavljivanja pojedinih brzina vjetra. Svaka od tih vjerovatnih vrijednosti ,je pomnožena sa godišnjim brojem sati 8760 h ,daje broj sati pojedinih brzina vjetra koje se pojavljuju tokom godine. Rezultati procjene proizvodnje električne energije turbine na vjetar su dati u slijedećoj tabeli:

v(m/s)	P(v)	Broj sati	E(Kwh)
4	0,0992	869,1	8.517,18
6	0,1023	946,1	15.6484,94
8	0,0788	805,3	479.797,74
10	0,0507	565,3	657.839,61
12	0,0278	335,1	478.790,88
14	0,0131	169,8	256.839,48

⁶⁴ Podaci za jednu godinu preuzeti su od vodoprivrednog preduzeća Spreča Tuzla koja svaki sat salje izvještaj za sarajevo o nivou jezera modrac brzini vjetra i temperaturi zraka.

16	0,0053	74,2	102.381,16
UKUPNO DOBIVENE ENERGIJE 2.140.650,99 Kwh.			

Tabela 3. Vjerovatnoća dobijanja električne energije za date podatke turbine na vjetar

Ukupni trošak proizvodnje jedinične električne energije UT, je dat sa:

$$UT = \frac{PKT * (GK + GTO)}{GPE}$$

PKT-početni kapitalni trošak ,koji je funkcija veličine mašine, zapremine proizvodnje i mogućnosti pristupa mmmjestu postavljanja elektrane na vjetar,

GK-godišnja kamata na uloženi kapital

GTO-godišnji trošak rada i održavanja proizvodnog postrojenja,

GPE-godišnja proizvodnja energije iz proizvodnog postrojenja elektrane na vjetar.

Godišnja proizvodnja energije iz elektrane na vjetar data je sa izrazom:

GPE =h*Pv*FO gdje je:

h-broj sati u godini 8760 h

Pv-nazivna snaga elektrane na vjetar

FO-faktor opterećenja.

Troškovi proizvodnje električne energije po jedinici nazivne snage elektrane su:

$$UT = \frac{PKT}{GPE} * \frac{GK + GTO}{h * FO}, \text{ Omjer PKT/GPE opisuje početni kapitalni trošak po Kw.}$$

Suma (GK+GTO) opsiuje godišnje troškove kapitala kamate i održavanje kao dijela početnog kapitala.Proizvod h* FO je efektivan broj sati u godini kada elektrana na vjetar radi sa svojom nazivnom snagom.Faktor opterećenja FO je kapacitet elektrane na vjetar Kv, umanjen za faktor raspoloživosti FR i drugih gubitaka energetske efikasnosti GRR unutarnji gubici vezani za pojedine elemente elektrane:

$$FO = Kv * FR * GEE$$

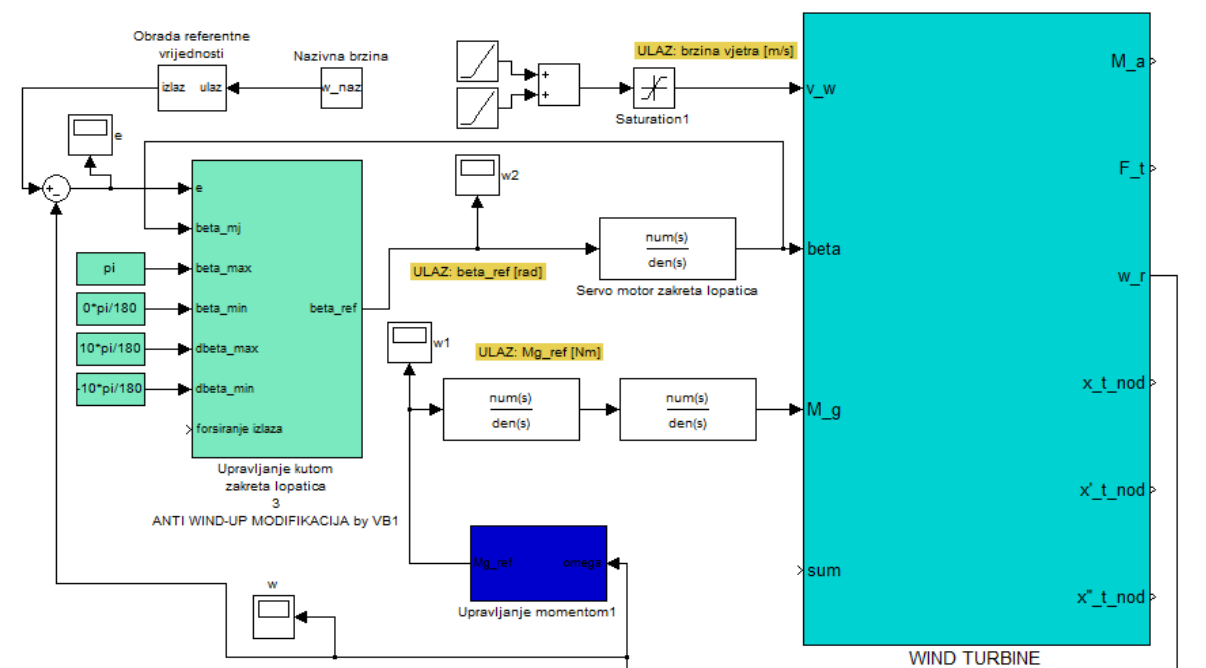
Kapacitet elektrane na vjetar je određen karakteristikama mašine i raspodejlom frekvencije brzine vjetra na mjestu postavljanja elektrane.

Ako su godišnji troškovi rada i održavanja elektrane na vjetar 2% kapitalnih ulaganja.Kapitalni trošak po jedinici nazivne snage PKT/GPE je 2400 KM/Kw.Faktor opterećenja FO je 37% a što predstvalja turbine na vjetar boljih karakteristika.Neka je kapital posuđen od banke sa realnom kamatnom stopom od 8% godišnje a period otplate je 2400 KM/ KW nazivane snage turbine.Izračunata godišnja obaveza vraćanja kredita Gt je 17,4% investicijskog kapitala.Ukupni trošak električne energije dobijen od elektrane na vjetar prema navedenim podacima je 0,14 feninanga po Kwh.

4.6. Računarsko projektovanje vjetroturbine u Matlabu

Svi su algoritmi, prije bilo kakvog pokušaja implementacije na stvarnom sistemu, prvobitno osmišljeni, razrađeni te isprobani na simulacijskom modelu unutar programskog okruženja Matlab Simulink. U ovom dijelu je opisan svaki od algoritama pojedinačno te je objašnjeno i pokazano da se vjetroturbina može održati unutar sigurnog radnog područja - da obavlja svoju osnovnu funkciju izuzevši pritom algoritam za detekciju kvara ili prekida povratne veze kojeg ćemo morati izvesti direktno na realnom sistemu jer pojednostavljeni model razmatran u ovom poglavlju ne opisuje specifičnosti veze između upravljačkog sistema i pojedinačno svake lopatice.

Sam simulacijski model prikazan je na slici 5: Sastoji se od glavnog modela – matematičkog modela fizikalnog procesa vjetroturbine koji na temelju dovedenih ulaznih veličina (brzina vjeta, ugao zaokreta lopatica, moment generatora) simulira izlazne vrijednosti koje opisuju ponašanje turbine (brzina okretanja turbine, naprezanje konstrukcije i njeno kretanje), sistema za upravljanje lopaticama i momentom unutar zatvorene petlje s povratnom vezom.



Slika 5. Shema simulacijskog modela u Matlab - Simulinku

Sistem za upravljanje lopaticama na ulazu dobiva razliku između trenutne i referentne vrijednosti brzine vrtnje turbine, ograničenja samog sistema (maksimalni zakret, brzina zakretanja) te omogućuje forsiranje izlaza na način da se u potpunosti zaobiđu regulatori. Sam sistem sastoji se od regulatora brzine vrtnje koji zadaje referencu regulatoru zakreta lopatica u unutarnjoj petlji. Isti zakret ostvaruje model servo motora zakreta lopatica dajući informaciju o trenutnom zakretu matematičkom modelu vjetroturbine. Sistem za upravljanje momentom također ima regulator koji upravlja frekvencijskim pretvaračima i osigurava optimalni moment za maksimalnu snagu u režimu rada vjetroturbine ispod nazivne brzine vrtnje.⁶⁵

⁶⁵ Danish Wind Industry Association. <http://www.windpower.org>, 2009.

5. ZAKLJUČNA RAZMATRANJA

Iako na prvi pogled radni princip VE je jednostavan, ona je vrlo kompleksan sistem koji traži znanje iz oblasti fizike, matematike, ekonomije, aerodinamike, te inženjeriskih oblasti građevine, strojarstva i elektrotehnike. Turbine sa više lopatica ostvaruju početni zakretni moment dobre za crpenje vode iz bunara. Turbine sa manjim brojem lopatica dobre su za vrtnju električnih generatora kod kojih je potrebno ostvariti veliki broj obrtaja u jedinici vremena, duže lopatice daju veći zakretni moment i veća obodna brzina daje veći i zakretni moment i veću snagu turbine.

Sa aspekta fizike da bismo dobro proračunali vjetro elektranu moramo dobro poznavati zakone pretvaranje energije iz jednog oblika u drugi. Moramo dobro voditi računa o veličinama koje su direktno srazmjerene i čije povećanje je u direktnoj vezi sa jačinom snage ali i veličinom dobijene električne energije. Moramo dobro poznavati izraze linisjka i ugaona brzina. Moramo voditi računa o Bernulijevoj jednačini i jednačini kontinuiteta. Svakako moramo se pridržavati i matematičkih zakona i modela za vjerovatnoću dobijanja iz pojedinih veličina vjetra snagu vjetro elektrane. Na kraju potrebno je izvršiti ekonomski proračun isplativosti dizajniranja jedne vjetro elektrane. Pored ekonomskih isplativosti mjerenja brzine vjetra na jednogodišnjem i višegodišnjem nivou mora se voditi računa o ekološkoj prihvatljivosti i buci koju proizvodi vjetroelektrana.

Na kraju u duhu savremenog stvaralaštva ali sve većim infiltriranjem računarske tehnologije potrebno je napraviti matematičko fizički model i naravno u pogodnom računarskom softveru izvesti simulaciju sigurnosti zaštite vjetroelektrane. U realnom sistemu kada je situacija na terenu neprilagođena trenutnom stanju mi ćemo prilagoditi sistem zaštite u konkretnom fizičko tehničkom modelu.

Literatura:

- [1] Suad Halilčević, redovan profesor „Obnovljivi izvori energije“, Elektrotehnički fakultet Tuzla, 2014, Papir karton
- [2] Indira Buljubašić, redovan profesor „Energija i održivi razvoj“, Mašinski fakultet Tuzla, 2014 predavanja na elektrotehničkom fakultetu
- [3] Edin Delić, redovan profesor, Rudarsko geološki fakultet Tuzla, Obnovljivi izvori energije, predavanje 2013 godina
- [4] Nerdina Mehinović, van.prof, „Senzori i mjerenja“, Elektrotehnički fakultet Tuzla, 2012 godina
- [5] Refik Fazlić, Opšta fizika 1 i 2 predavanja Elektrotehnički fakultet Tuzla 2000 godina
- [6] Danish Wind Industry Association. <http://www.windpower.org>, 2009.
- [7] Mate Jelavić. “Upravljanje vjetroagregatom s ciljem smanjenja dinamičkih opterećenja konstrukcije”, Doktorska disertacija. FER, Zagreb, 2009.
- [8] V. Petrović, N. Hure, M. Baotić, “Primjena LabVIEW programskog alata za razvoj HIL strukture upravljanja brzinom vrtnje vjetroagregata”, FER, Zagreb
- [9] N. Perić, Ž. Ban, M. Jelavić et al., “Laboratorij za obnovljive izvore energije na Fakultetu elektrotehnike i računarstva u Zagrebu”, Hrvatski ogranak međunarodne elektrodistribucijske konferencije, Savjetovanje Umag, 2010.

- [10] Burton, Sharpe, Jenkins, Bossanyi. “Wind energy handbook”, JOHN WILEY & SONS, LTD, 2001.
- [11] National Instruments Corporation, “LabVIEW Tutorial Manual”, NI, 1996.
- [12] Hau, E.: Wind Turbines: Fundamentals, Technologies, Application, Economics, 2nd edition, Springer – Verlag, Berlin, Heidelberg, 2006.
- [13] Radić, J. i suradnici: Betonske konstrukcije: priručnik, Hrvatska sveučilišna naklada, Sveučilište u Zagrebu, Građevinski fakultet:, ANDRIS, Zagreb 2006.
- [14] Tomičić, I.: Betonske konstrukcije – odabrana poglavlja, drugo izmijenjeno izdanje, Ivan Tomičić, Zagreb 1996.
- [15] **Ranko Goić: "Opća energetika"** - skripta sa predavanja za predmet opća energetika na fakultetu elektrotehnike, strojarstva i brodogradnje u Splitu
- [16] [Solar Energy Industries Association](#) - udruženje proizvođača opreme za iskorištavanje energije Sunca
- [17] [European Commission for New and Renewable Energies](#) - odbor za nove i obnovljive izvore energije Europske unije
- [18] [The Department of Energy](#) - Ministarstvo za energiju SAD-a

