

Utjecaj VE Mesihovina na kvalitet električne energije u prijenosnoj mreži

Studentski rad

Goran Borovčanin, Anđela Krljaš

Studenti drugog ciklusa studija

Univerzitet u Istočnom Sarajevu, Elektrotehnički fakultet

Istočno Sarajevo, Bosna i Hercegovina

goran.borovcanin1989@gmail.com, angella992@gmail.com

Sažetak — U svijetu se proizvodnja električne energije iz energije vjetra povećala 75 puta u zadnjih dvadeset godina. Konkretno, 1997. godine je instaliranog kapaciteta bilo 7,5 GW, dok se do 2018. godine kapacitet povećao na 564 GW. Ovaj trend je posljedica nekoliko faktora, kao što je porast zabrinutosti i svijesti zbog globalnog zagrijavanja, očuvanja zdrave životne sredine, ali i smanjenja cijene proizvedene električne energije po kilovatsatu. U Bosni i Hercegovini do 2018. godine nije bilo elektrana koje iskorištavaju ovaj oblik energije, kada je zvanično otvorena VE Mesihovina u blizini Tomislavgrada, na jugozapadu države. Mjerenja, pripreme i izgradnja koji su prethodili, trajali su dugi niz godina. Od otvaranja elektrane, provodi se niz mjerenja parametara vjetroparka koji utječu na kvalitet električne energije u prijenosnoj mreži.

Ključne riječi — energija vjetra; globalno zagrijavanje; vjetroelektrana; mjerenje parametara kvaliteta električne energije

I. UVOD

Danas u svijetu udio energije proizvedene od obnovljivih izvora električne energije zauzima veoma značajan dio u ukupnoj proizvodnji, sa trendom daljnog rasta, iako valja spomenuti da se tehnologija obnovljivih izvora energije ne razvija dinamikom koja je predviđena prije nekih 20 godina. U zadnja dva desetljeća se 75 puta povećao kapacitet energije dobijene iz energije vjetra, sa 7,5 GW 1997. godine, na 564 GW 2018. godine [1]. Bosna i Hercegovina, kao jedna od najnerazvijenijih država u Europi, i u polju razvoja i primjene obnovljivih izvora energije značajno kasni u odnosu na zapad kontinenta, no neki pozitivni pomaci po ovom pitanju su se počeli praviti u nedalekoj prošlosti. Uz parne termoelektrane, jedini izvori električne energije su donedavno bile hidroelektrane, a 2018. godine je zvanično puštena u pogon i prva vjetroelektrana u blizini Tomislavgrada. U ovom radu će, osim generalnih podataka i tehničkih karakteristika ove elektrane, biti prikazani i podatci o njenom utjecaju na kvalitet električne energije u prijenosnoj mreži. Podatci su snimljeni uređajima za kontrolu kvaliteta električne energije u prvom i drugom mjesecu 2021. godine. Parametri koji određuju kvalitet električne energije su varijacije napona, flikeri, frekvencija, izobličenja napona i struje zbog nelinearnosti potrošača itd.

Posljedice nekvalitetnog napajanja mogu biti veoma teške i najčešće su povezane sa značajnim finansijskim i materijalnim štetama. Da bi se kvalitet poboljšao i zaštitili osjetljivi potrošači, poduzima se veliki broj mjera za stabilizaciju rada sustava. Donose se tehničke regulative za ograničavanje nivoa harmonika i flikera, uvode se strožije norme za priključenje nelinearnih potrošača, a u posljednje vrijeme se razvijaju specijalne metode i uređaji za isporuku električne energije garantiranog kvaliteta [2].

II. VE MESIHOVINA

VE Mesihovina je puštena u pogon 14.3.2018. godine u 12:00 sati na platou VE Mesihovina (Gornji Brišnik, Tomislavgrad). Sastoje se od 22 vjetroagregata tipa Siemens-2.3-108, napravljenih IntegralBlade tehnologijom. IntegralBlade tehnologija podrazumijeva izradu lopatica u jednom komadu od epoksidne smole pojačane staklenim vlaknima. Vjetroagregati su pojedinačne snage 2,3 MW, a ukupne instalirane snage 50,6 MW. Smješteni su u dva pravilna niza u ukupnoj dužini od 5 km, sa udaljenošću između pojedinih vjetroagregata 300 do 900 metara. Visina stupova na kojim su postavljeni vjetroagregati je 78,3 metra, a promjer rotora je 108 metara [3].



Slika 2.1. VE Mesihovina [4]

U stupu svakog vjetroagregata smješteno je 20 kV rasklopno postrojenje za priključak na internu 20 kV kablovsku mrežu vjetroparka. Postrojenje je oklopljeno, plinom izolirano sa jednim sustavom sabirnica. Da bi se park povezao sa prijenosnom mrežom, izgrađena je nova transformatorska stanica TS 20/110 kV Gornji Brišnik, koja je dalekovod DV 110 kV Posušje – Tomislavgrad, podijelila na dva dijela, DV 110 kV Gornji Brišnik – Posušje i DV 110 kV Gornji Brišnik – Tomislavgrad. Povezivanje vjetroagregata je urađeno putem šest dovoda 20 kV na rasklopno postrojenje 20 kV u TS 20/110 kV Gornji Brišnik. TS Gornji Brišnik je zrakom izolirano 110 kV postrojenje vanjskog tipa sa dva vodna polja, dva transformatorska polja i jednom sekcijom sabirnica. Projektom je predviđena mogućnost proširenja 110 kV dijela postrojenja za još jedno vodno i jedno transformatorsko polje. Kao što je rečeno, u stanicu su dva transformatora 2 x 20/110 kV, snaga 40 MVA. Osnovni tehnički podaci 110 kV postrojenja prikazani su u tabeli I.:

TABELA I. OSNOVNI TEHNIČKI PODATCI 110 KV POSTROJENJA GORNJI BRIŠNIK

Oznaka	Naziv	Mjerna jedinica	Vrijednost
U_n	Nazivni linijski napon	kV _{ms}	110
U_{max}	Najviši pogonski linijski napon	kV _{ms}	123
U_{pf}	Najviši podnosivi napon pogonske frekvencije, 50 Hz, 1 min	kV _{ms}	230
U_{peak}	Najviši podnosivi udarni napon; 1,2/50 μ s	kV _{peak}	550
f	Nazivna pogonska frekvencija	Hz	50
I_h	Nazivna trajna struja vodnog polja	A _{ms}	600
I_h	Nazivna trajna struja trafo polja	A _{ms}	300
I_h	Nazivna trajna struja sabirnica	A _{ms}	2000
I''_{k3}	Ukupna početna struja tropolnog kratkog spoja na sabirnicama	kA _{ms}	40
I_{udk3}	Udarne struje tropolnog kratkog spoja na sabirnicama	kA _{peak}	80
k	Faktor udarne struje		2
	Uzemljenje nul točke 110 kV	-	Kruto

Novoizgrađena vjetroelektrana Mesihovina proizvodni je objekt kojim će se povećati proizvodnja električne energije JP „Elektroprivreda HZ HB“ d.d. Mostar za 165,17 GWh godišnje, što je 10% od ukupne proizvodnje u energetskome sustavu toga poduzeća. Proizvedenom električnom energijom može opskrbiti približno 27500 domaćinstava. Vrijednost investicije je bila oko 82 milijuna eura [3].

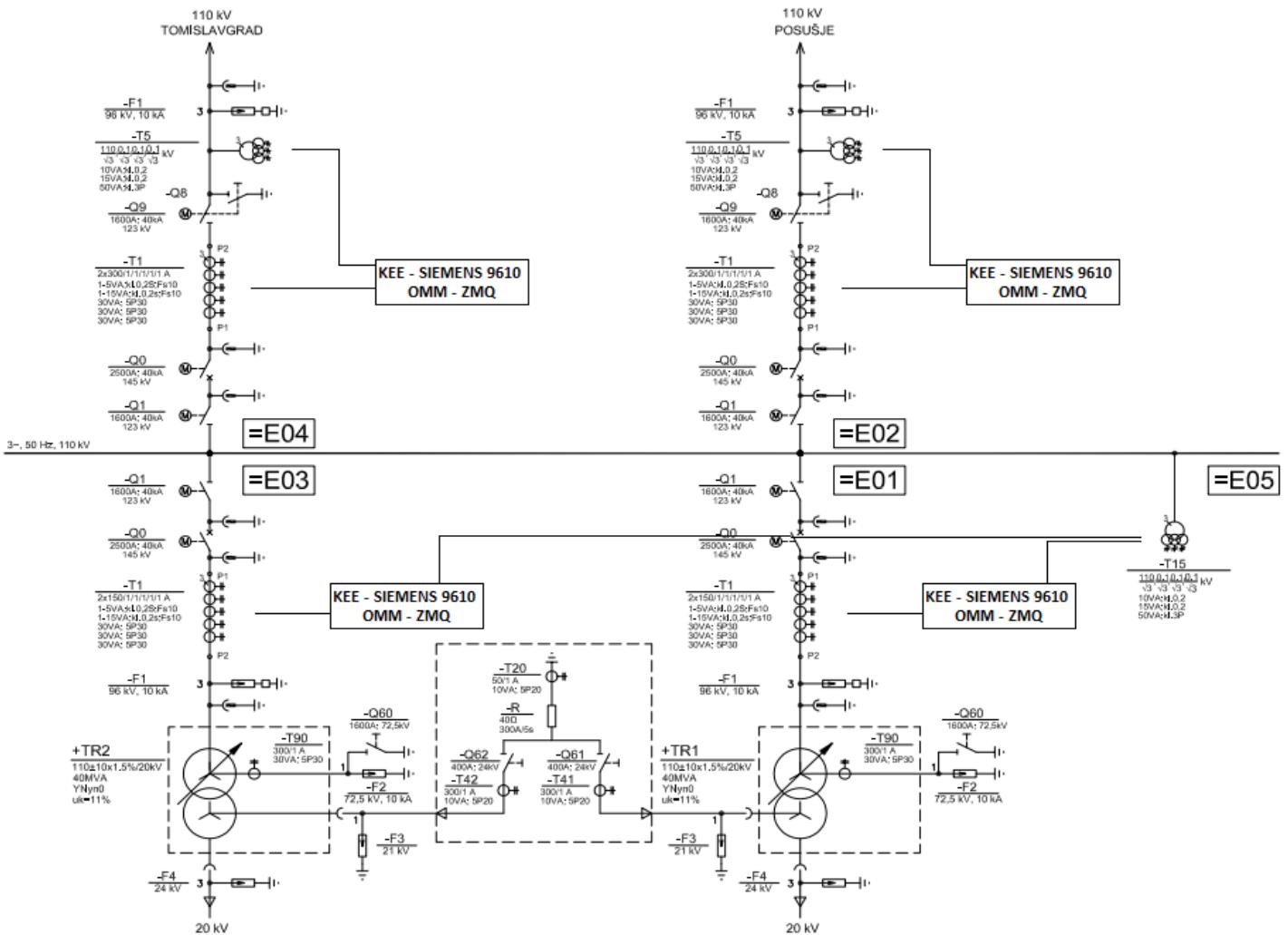
III. KONTROLA KVALITETE ELEKTRIČNE ENERGIJE

U sklopu izgradnje VE Mesihovina u TS 20/110 kV Gornji Brišnik instalirani su uređaji za kontrolu kvalitete električne energije. Uređaji su visokoučinkovite naprave koje karakterizira sposobnost brzog uzorkovanja, te brzog i točnog određivanja mjesta i smjera poremećaja u odnosu na mjesto analize uređaja. Ima veliku količinu memorije, što ga u kombinaciji sa sposobnošću brzog uzorkovanja čini idealnim za mjerjenje i analizu parametara kvalitete električne energije najbitnijih točaka sustava. Rezultati se pohranjuju u knjigu događaja sa vremenskom oznakom i razinom pouzdanosti koja pokazuje razinu sigurnosti.

Uređaj u četiri polja svakih 10 minuta mjeri maksimalnu, minimalnu i srednju vrijednost struje, frekvenciju, kratkotrajne

i dugotrajne flikere, snage, harmonijsko izobličenje, te maksimalnu, prosječnu i minimalnu vrijednost linijskog i faznog napona. Ta četiri polja su:

1. =E01 – polje transformatora TR1 20/110 kV
2. =E02 – DV polje TS Posušje
3. =E03 – polje transformatora TR2 20/110 kV
4. =E04 – DV polje TS Tomislavgrad



Slika 3.1. Pozicije mjernih uređaja na jednopolnoj shemi postrojenja 110 kV u TS Gornji Brišnik

Slike 3.1. se vidi da su uređaji postavljeni u oba transformatorska i oba vodna polja. Glavni mjerni uređaji su pritom u poljima E01 i E03, a pomoći u poljima E02 i E04. Podatci mjeranja koji će biti prikazani su za period od 30.1.2021. godine do 5.2.2021. godine u 11:30 sati.

S obzirom na činjenicu da je mjerena vrijednost parametara kvaliteta električne energije za svako od ova četiri polja, dobijen je veliki broj podataka čije bi predstavljanje u ovakvom radu bilo nepraktično. Zbog toga je određeni parametar kvaliteta električne energije prikazan za samo jedno, nasumično odabranou polje. Na primjer, graf ponašanja frekvencije je prikazan samo za dalekovod DV 110 kV Posušje, graf flikera samo za transformator broj 2 itd.

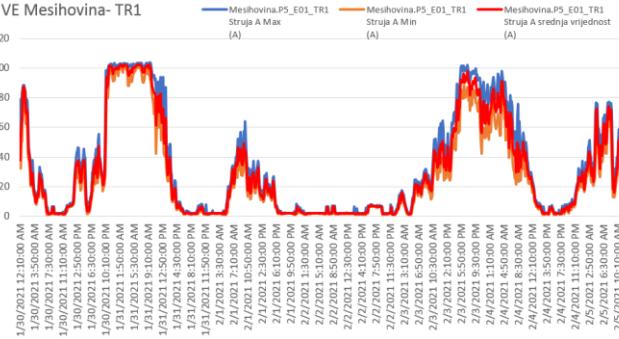
Prema Mrežnom kodeksu [5], elektrana treba ispuniti sljedeće uvjete:

TABELA II. UVJETI KOJE ELEKTRANA TREBA ISPUNITI

PARAMETAR	KRITERIJ	REFERENCI	NAPOMENA
Napon mreže - varijacije u normalnom pogonu	$\pm 10\%$, $\pm 5\%$	MREŽNI KODEKS	Ovisno o naponskom nivou točke povezivanja energetskog parka $\geq 95\%$ za 10 min prosječne vrijednosti
Naponska nesimetrija	2%	MREŽNI KODEKS	
Faktor snage	0,95 ind do 0,96 cap	MREŽNI KODEKS	
Faktor ukupnog harmonijskog izbljeđenja napona THD _u	3%	MREŽNI KODEKS	$\geq 95\%$ za 10 min prosječne vrijednosti
Pojedinačne vrijednosti harmonika napona	Prema referenci	MREŽNI KODEKS	Ako nije definirano Mrežnim kodeksom koristiti EN 50160 ili IEC 61000-3-7 $\geq 95\%$ za 10 min pr. vr.
Faktor emisije kratkotrajnih flikera P _{st}	1	MREŽNI KODEKS	$\geq 95\%$ za 10 min prosječne vrijednosti
Faktor emisije dugotrajnih flikera P _{lt}	0,8	MREŽNI KODEKS	$\geq 95\%$ za 10 min prosječne vrijednosti

A. Struja transformatora 1 – faza A

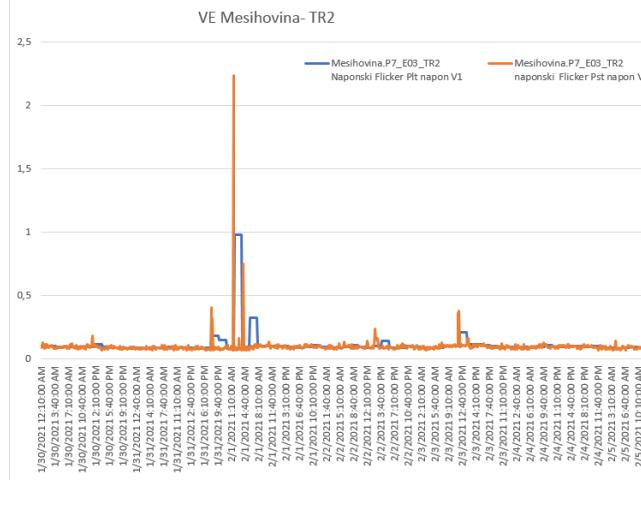
Na slici 3.2. prikazana je maksimalna, srednja i minimalna vrijednost struje faze A kroz transformator 1 u TS Gornji Brišnik. Sa grafa je uočljivo da maksimalna vrijednost koju je struja dosegnula iznosi nešto više od 100 A.



Slika 3.2. Struja kroz transformator 1

B. Flikeri

Da bi odredili jačinu fluktuacije napona koristit će se dva parametra, kratkotrajna jačina flikera P_{st} i dugotrajna jačina flikera P_{lt} . Prema Mrežnom kodeksu, vrijednosti kratkotrajnih flikera se računaju za svaki desetominutni period, dok se vrijednosti dugotrajnih flikera računaju na osnovu 12 uzastopnih vrijednosti kratkotrajnih flikera. Prema standardu IEC/TR3 61000-3-7:2002 za 110 kV, indikativni nivoi planiranja su 0,8 za P_{st} i 0,6 za P_{lt} . Preporuka je da se 99% vrijednosti uspoređuje sa planiranim nivoima [5]. Na slici 3.3. su prikazani flikeri u transformatoru 2 u TS Gornji Brišnik:

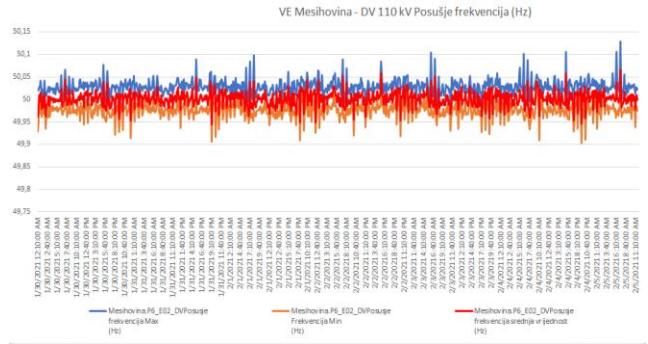


Slika 3.3. Flikeri

Slike 3.3. se vidi da je većina zabilježenih vrijednosti P_{st} ispod 0,25, a nekad su iznad granica. To je posljedica propada napona na širem području. Vidi se i da je većina vrijednosti P_{lt} ispod 0,5, ali da su više vrijednosti kratkotrajnih flikera povisile i vrijednosti dugotrajnih flikera. Može se zaključiti da su flikeri u dozvoljenim granicama.

C. Frekvencija

Prikazani graf vrijednosti frekvencija odnosi se na DV 110 kV Posušje:

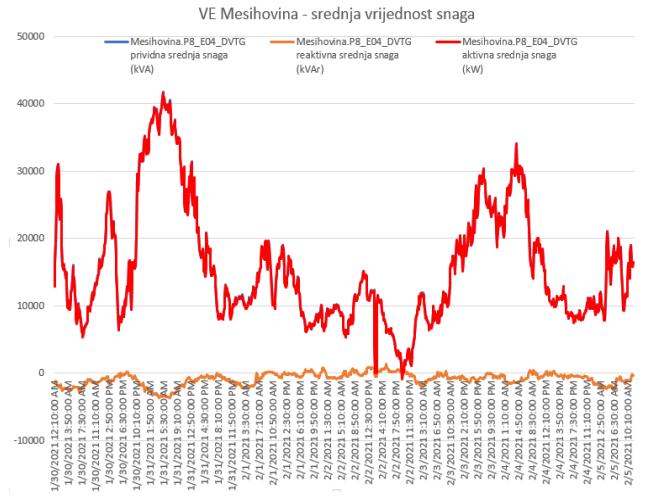


Slika 3.4. Frekvencija u DV 110 kV Posušje

Slike 3.4. se vidi da je frekvencija isla u rasponu od 49,9 Hz do otplrike 50,13 Hz. Prema Mrežnom kodeksu [5], maksimalno odstupanje frekvencije u normalnim pogonskim uvjetima iznosi $\pm 0,2$ Hz, dok u poremećenim uvjetima rada ne smije ići ispod 47,5 Hz, niti preko 51,5 Hz. Zaključak je da frekvencija ne prelazi dozvoljene vrijednosti.

D. Snaga

Na slici 3.5. je prikazan graf srednjih vrijednosti prividne, aktivne i reaktivne snage.

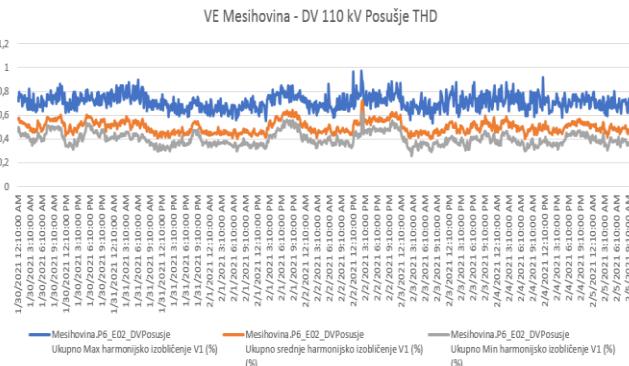


Slika 3.5. Srednja vrijednost snaga u DV 110 kV Tomislavgrad

Primjetno je da se krivulje aktivne i prividne snage preklapaju. To je zbog toga što je vrijednost reaktivne snage dosta mala, pa je aktivna snaga približno jednaka prividnoj snazi. Vidi se da je aktivna snaga u dalekovodu u jednom trenutku prešla 40 MW. Maksimalna snaga je iznad 50 MW, ali u periodu ovog mjerjenja neki od vjetroagregata nisu bili raspoloživi za rad. Reaktivna snaga titra oko nule, dakle, ide i u minus, što znači da elektrana nekad daje, a nekad preuzima reaktivnu energiju iz mreže.

E. Ukupna harmonijska izobličenja

Ukupna harmonijska izobličenja u DV 110 kV Posušje su prikazana na slici 3.6.:



Slika 3.6. THD – ukupna harmonijska izobličenja

U cjelokupnom periodu mjerjenja, vrijednost harmonika mora biti manja od 3% za 110 kV mrežu [5]. Na slici 3.6. se može vidjeti da je ukupna vrijednost harmonika značajno ispod naznačene granične vrijednosti, pa se može zaključiti da rad vjetroelektrane ne doprinosi značajno povećanju harmonijskih izobličenja.

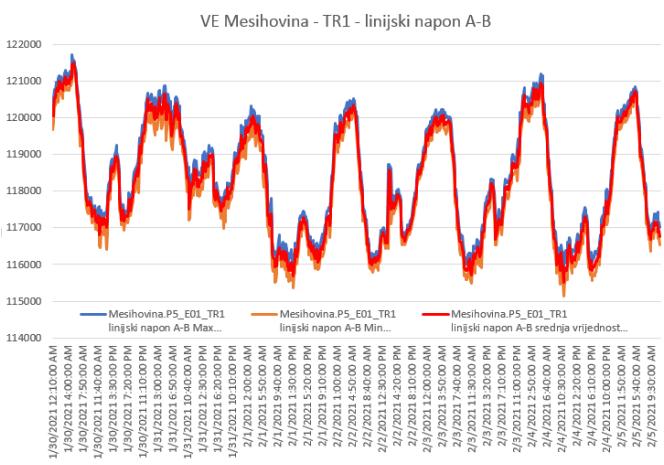
Standard IEEE 519:2014 je često korišteni standard za harmonike. Temelji se na ograničenjima struje i napona, koja vrijede za sve naponske razine. Svaki pojedinačni harmonik ima svoje ograničenje, kao i ukupno harmonijsko izobličenje (eng. THD). Tabela III. prikazuje preporučeno ograničenje naponskog izobličenja u točki zajedničkog priključenja sustava s korisnikom [6].

TABELA III. OGRANIČENJA NAPONSKOG IZOBLIČENJA ZA SUSTAVE PREKO 69 kV PREMA STANDARDU IEEE 519:2014

NAPON SABIRNICE U TOČKI ZAJEDNIČKOG PRIKLJUČENJA	POJEDINAČNI HARMONICI (%)	UKUPNO HARMONIJSKO IZOBLIČENJE THD (%)
$69 \text{ kV} < V \leq 161 \text{ kV}$	1,5	2,5
$V > 161 \text{ kV}$	1,0	1,5*

F. Linijski napon A-B u transformatoru 1

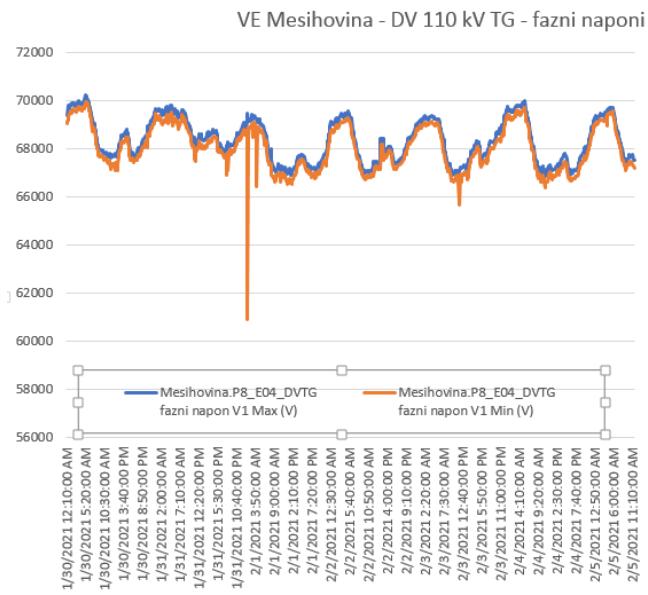
Maksimalna, srednja i minimalna vrijednost linijskog napona A-B u transformatoru broj 1 je prikazana na slici 3.7.:



Slika 3.7. Linijski napon između faza A i B

Naponi se kreću u rasponu od 115 kV do skoro 122 kV, što znači da su povušeni, ali ne prelaze granične uvjete definirane Mrežnim kodeksom (99 kV do 123 kV) [5]. Povišeni naponi su česta pojava u elektroenergetskom sustavu ovog dijela Europe. Naime, zbog slabije potrošnje napon je dosta veći od nazivnog. Dio Europe sa razvijenom industrijom nema ovakvih problema.

G. Fazni napon DV 110 kV Tomislavgrad



Slika 3.8. Fazni napon DV 110 kV Tomislavgrad

Fazni napon se kreće u granicama 66 kV do 70 kV uglavnom, sa povremenim propadima i povišenjima.

IV. ZAKLJUČAK

Analiza osnovnih parametara kvaliteta električne energije u točki priključenja vjetroelektrane Mesihovina u transformatorskoj stanicu Gornji Brišnik u periodima mjerena dala je rezultate prema kojima se mogu donijeti dva zaključka:

- Flikeri P_{st} i P_{lt} su unutar dozvoljenih granica i ne prelaze dozvoljene vrijednosti 0,8 i 0,6

- Ukupno harmonijsko izobličenje ne prelazi dozvoljene granice, tako da se može donijeti zaključak da vjetroelektrana ne doprinosi značajno povećanju harmonijskih izobličenja [5].

ZAHVALNICA

Zahvaljujemo se na suradnji profesoru Srđanu Jokiću koji nam je bio mentor prilikom realizacije rada.

LITERATURA

- [1] <https://www.irena.org> (posjećeno 29.1.2021.)
- [2] Vladimir Katić, Amir Tokić, Tatjana Konjić, "Kvalitet električne energije", CEFES
- [3] <https://www.ephzhb.ba> (posjećeno 29.1.2021.)

[4] tomislavcity.com (posjećeno 1.2.2021.)

[5] <https://www.nosbih.ba> (posjećeno 3.2.2021.)

[6] IEEE Std 519™:2014, "Recommended Practice and Requirements for Harmonic Control in Electric Power Systems", New York, 2014.

ABSTRACT

In the last two centuries, global electrical energy production from wind energy has increased 75 times. In numbers, from 7,5 GW in 1997, to 564 GW in 2018. This trend is result of several factors like global warming awareness and decrease of wind energy price per kW. In Bosnia and Herzegovina there was no wind power plants until 2018, when wind power plant Mesihovina was opened. It is located near Tomislavgrad city, southwestern part of country. Various of measurements of parameters which affects transmission network were conducted from its opening.

INFLUENCE OF WIND POWER PLANT MESIHOVINA TO TRANSMISSION NETWORK'S ELECTRICAL ENERGY QUALITY

Goran Borovčanin, Andjela Krljaš