



STUDIJA

UTICAJ

KOMPENZATORSKOG REŽIMA RADA  
CRPNE HIDROELEKTRANE ČAPLJINA  
NA NAPONSKE PRILIKE U  
ELEKTROENERGETSKOM SISTEMU  
BOSNE I HERCEGOVINE

Decembar 2020.

## Sadržaj

1	UVOD .....	3
2	POVIŠENI NAPONI U EES-u BiH.....	5
2.1	Satne vrijednosti napona u 2020. godini.....	5
2.1.1	TS 400/220/110 kV Mostar 4.....	14
2.1.2	TS 400/220/110 kV Trebinje.....	17
2.1.3	TS 400/110 kV Sarajevo 10 .....	21
2.1.4	TS 400/110 kV Banja Luka 6.....	23
2.1.5	TS 400/220/110 kV Tuzla 4 .....	25
2.1.6	TS 220/110 kV Prijedor 2.....	28
3	ANALIZA UZROKA NASTANKA POVIŠENIH NAPONA.....	30
3.1	Reaktivna snaga na interkonektivnim dalekovodima .....	30
3.1.1	Reaktivna snaga na 400 kV interkonektivnim dalekovodima .....	31
3.1.2	Reaktivna snaga na 220 kV interkonektivnim dalekovodima .....	32
4	SINHRONI KOMPENZATORSKI POTPOBUĐENI RAD CRPNE HIDROELEKTRANE ČAPLJINA .....	35
4.1	CHE Čapljina .....	35
4.2	Test rada CHE Čapljine u kompenzatorskom režimu rada .....	36
4.2.1	Test 1. Rad CHE Čapljine u kompenzatorskom potpobuđenom režimu rada sa jednom mašinom	37
4.3	Uporedba izmjerениh podataka sa sistema SCADA i uređaja MAVOWATT.....	67
4.4	Ukupni rezultati mjerena i proračuna .....	70
5	ZAKLJUČCI .....	72
6	Literatura .....	74

## 1 UVOD

Prenosna mreža Bosne i Hercegovine (BiH) odlikuje se takvom strukturom da su dalekovodi naponskog nivoa 400 kV i 220 kV uglavnom podopterećeni. Od puštanja u pogon 400 kV mreže u BiH, pojavljuju se i problemi sa povišenim naponima. Pojava nedozvoljeno visokih napona je nastavila da bude prisutna i nakon oktobra 2004. godine, kada je izvršena rekonekcija elektroenergetskog sistema (EES) BiH u jedinstveni elektroenergetski sistem UCTE (*Union for the Coordination of Transmission of Electricity*), odnosno današnju ENTSO-E (*European Network of Transssmission System Operators for Electricity*) sinhronu oblast kontinentalna Evropa, posebno u režimima malih opterećenja – u proljeće i jesen te tokom vikenda i noći.

Vrijednosti nazivnih napona mreža i najviših napona opreme definirane su i specificirane u standardu IEC 60038 [1]. U ovome standardu nisu navedene vrijednosti najnižih i najviših napona prenosnih mreža, odnosno nisu navedene dozvoljene varijacije napona. U upravljanju EES-om se uvažavaju naponske granice, odnosno dozvoljene varijacije napona određene u Mrežnom kodeksu [2]. Najviši dopušteni naponi definisani u Mrežnom kodeksu za prenosnu mrežu 110 kV, 220 kV i 400 kV naponskog nivoa su respektivno 123 kV, 245 kV i 420 kV. Posebno je važno istaći da naponi iznad dozvoljenih vrijednosti, koji traju u kontinuitetu i po nekoliko sati, pa i dana, nepovoljno utiču na izolacioni nivo opreme, skraćujući njen životni vijek, posebno kada se radi o energetskim transformatorima.

U ovoj studiji su pokazani rezultati mjerenja napona, koji su bilježeni u satnim intervalima, od 1.1.2016. godine do 11.10.2020. godine. Već niz godina se u transformatorskim stanicama 220 kV i 400 kV, u kojima je zabilježen najveći broj sati povišenih napona, prikupljaju podaci o naponima, kako bi se izvršile analize naponskih prilika i potvrdio kontinuitet pojave nedozvoljenih vrijednosti napona. Posebno je istaknuta 400 kV mreža, koja je najčešće opterećena daleko manjom snagom od prirodne, pa 400 kV dalekovodi u EES-u BiH veći dio godine generiraju značajnu količinu reaktivne snage. Takođe su i 220 kV, te 110 kV dalekovodi većinom opterećeni ispod prirodne snage, što dodatno generira reaktivnu snagu i podiže napon iznad vrijednosti propisanih Mrežnim kodeksom. Iz historijskih podataka se može vidjeti da se, iz godine u godinu, uočava sve duže trajanje prekoračenja dozvoljenih naponskih granica, a time i veća opasnost proboja izolacije, što može izazvati ispade elemenata sistema te ugroziti njegovu stabilnost i snabdijevanje kupaca električnom energijom. Zbog toga je bilo potrebno identifikovati veličine i dužine trajanja povišenih napona, analizirati uzroke nastanka, izvršiti proračune tokova snaga i punjenja dalekovoda, pokazati mјere koje se preduzimaju i predložiti nove mјere za sniženje previsokih napona u prenosnoj mreži.

U cilju održavanja napona u propisanim granicama, a u skladu sa Mrežnim kodeksom, Nezavisni operator sistema u BiH (NOSBiH) provodi sljedeće mјere:

- izdaje naloge elektranama za maksimalno preuzimanje reaktivne snage, odnosno angažovanje proizvodnih jedinica u kapacitivnom području pogonske karte,
- reguliše napone promjenom pozicije regulacione preklopke na transformatoru,
- isključuje prenosne dalekovode, vodeći računa o sigurnosti sistema, odnosno izbjegavanju jednostranog napajanja pojedinih transformatorskih stanica.

S obzirom da navedene mjere u najvećem broju slučajeva ne omogućavaju svođenje previsokih napona u granice definisane Mrežnim kodeksom, kao i činjenicu da u EES-u BiH ne postoje instalirane visokonaponske prigušnice, koje troše reaktivnu snagu i time direktno doprinose sniženju napona na mjestu priključenja, kao jedina preostala dodatna mjera za sniženje napona, do ugradnje kompenzatorskih uređaja, jeste pogon CHE Čapljina u sinhronom kompenzatorskom potpobuđenom režimu rada.

Kao što je poznato, elektromehaničke i regulacione karakteristike generatora-motora CHE Čapljina omogućavaju kompenzatorski (natpobuđeni ili potpobuđeni rad, +/-160 MVar po mašini) u sva četiri kvadranta pogonske karte, pri čemu tokom asinhronog zaleta u trajanju do 100 s, potrošnja sa mreže 220 kV iznosi oko 20 MW, dok u stacionarnom kompenzatorskom radu potrošnja iznosi oko 4 MW.

Kako rad u kompenzatorskom režimu nije odgovarajućim metodologijama finansijski valorizovan, kao ni pomoćna usluga Q/V regulacije ostalih proizvodnih objekata koji vrše regulaciju napona, tako ni regulacioni resursi CHE Čapljine nisu iskorišteni u regulaciji napona.

Zbog toga nije bilo praktičnih iskustava, osim u slučaju kada je vršena resynchronizacija dvije sinhronne zone 2004. godine, na osnovu kojih bi se sagledale mogućnosti CHE Čapljine za regulaciju napona u EES-u BiH.

Prema tome, glavni cilj Studije jeste da, na osnovu testiranja pogonskih mogućnosti CHE Čapljine u kompenzatorskom potpobuđenom režimu rada u realnom vremenu, ponudi odgovore na pitanja kako i koliko rad CHE Čapljine u opisanom režimu utiče na poboljšanje naponskih prilika u EES-u BiH, te pokaže uticaj i značaj ostalih proizvodnih resursa na regulaciju napasnkih prilika u EES-u BiH.

Studija je organizovana na sljedeći način. Nakon uvodnog dijela koji se odnosi na problematiku povišenih napona i granične vrijednosti napona, u drugom dijelu, pokazane su i statističke vrijednosti napona iz karakterističnih transformatorskih stanica 400 kV, 220 kV i 110 kV, za period od 5 godina, uz analizu razloga eskalacije naponske problematike u posljednje 2-3 godine, a posebno je izvršena analiza izmjerениh napona u ovim TS u periodu od 1.1.2020. godine do 11.10.2020. godine. Vrijednosti napona su bilježene u satnim intervalima u bazi podataka sistema SCADA/EMS (*Supervisory Control And Data Acquisition / Energy Management System*).

U trećem dijelu Studije analizirani su uzroci nastanka povišenih napona u EES-u BiH sa statističkim pokazateljima o opterećenju prenosnih vodova naponskog nivoa 400 kV, 220 kV i 110 kV i njihovim doprinosom u generisanju reaktivne snage.

U četvrtom dijelu su dati rezultati testiranja rada CHE Čapljine u kompenzatorskom potpobuđenom režimu rada, u režimu minimalnog opterećenja sistema i s topologijom mreže kojom se minimizira uticaj susjednih EES-a (posebno EES-a Hrvatske), te je pokazan uticaj ovih režima rada na smanjenje napona u EES-u BiH.

U završnom dijelu, na temelju dobijenih rezultata, izvedeni su zaključci i predloženi dalji koraci vezani za rad CHE Čapljine u kompenzatorskom potpobuđenom režimu.

## **2 POVIŠENI NAPONI U EES-u BiH**

### **2.1 Satne vrijednosti napona u 2020. godini**

Podaci o vrijednostima napona u značajnijim čvorištima 400 kV i 220 kV elektroenergetskog sistema u BiH se uzimaju preko sistema SCADA/EMS u Nezavisnom operatoru sistema u BiH, preuzimanjem podataka iz daljinskih stanica. Ovi podaci se bilježe kontinuirano od 2010. godine [3] [4], [5] [6], tako da se svake godine napravi odgovarajuća arhiva vrijednosti napona, a za 2020. godinu su uzete vrijednosti za period od 01.01. do 11.10.2020. godine (6840 sati), period za koji su podaci bili raspoloživi u trenutku početka pripreme i izrade Studije. U razmatranom periodu, analizirane su satne vrijednosti napona na sabirnicama u transformatorskim stanicama (TS) navedenim u Tabeli 2.1.

Za razliku od prethodnih godina, kada je u TS 400/220/110 kV Trebinje zabilježen najveći broj sati rada pri povišenim naponima na 400 kV naponskom nivou, u 2020. godini je u TS 400/220/110 kV Mostar 4 zabilježeno najduže trajanje povišenih napona i na 400 kV i na 220 kV naponskom nivou. U navedenoj tabeli je prikazan broj sati rada od 2016. do 2020. godine (tri kvartala te godine), navedenih postrojenja pri naponima iznad dozvoljenih granica definisanih Mrežnim kodeksom za naponske nivoe od 400 kV, 220 kV i 110 kV. Pokazan je i procenat trajanja povišenih napona u analiziranim godinama. U tabeli su takođe prikazani maksimalni naponi (Um) definisani Mrežnim kodeksom i maksimalne vrijednosti izmjerениh napona (Umm) u 2016, 2017, 2018, 2019. godini i 9 mjeseci i 11 dana 2020. godine.

Može se reći da se od 2010. godine registruje kontinuirano povećanje dužine trajanja povišenih napona 400 kV i 220 kV naponskog nivoa, a da je 2019. godina, gledajući podatke na nivou cijele godine, bila, nažalost, rekordna po dužini trajanja nedozvoljenih napona. Prema podacima za tri kvartala 2020. godine može se očekivati da ta godina bude rekordna po dužini trajanja povišenih napona jer su već zabilježene rekordne historijske vrijednosti maksimalno izmjereni napona na 400 kV i 220 kV naponskom nivou, kao i napona na 220 kV strani u transformatorskim stanicama u kojima to nije primarni napon. Zbog veoma dugog trajanja nedozvoljenih napona na primarnoj strani (400 kV) i na 220 kV naponskom nivou se dešava dug period trajanja povišenih napona, naročito u TS Trebinje i TS Mostar 4, koje su pod povišenim naponima tokom godine radile 62%, odnosno 91% vremena.

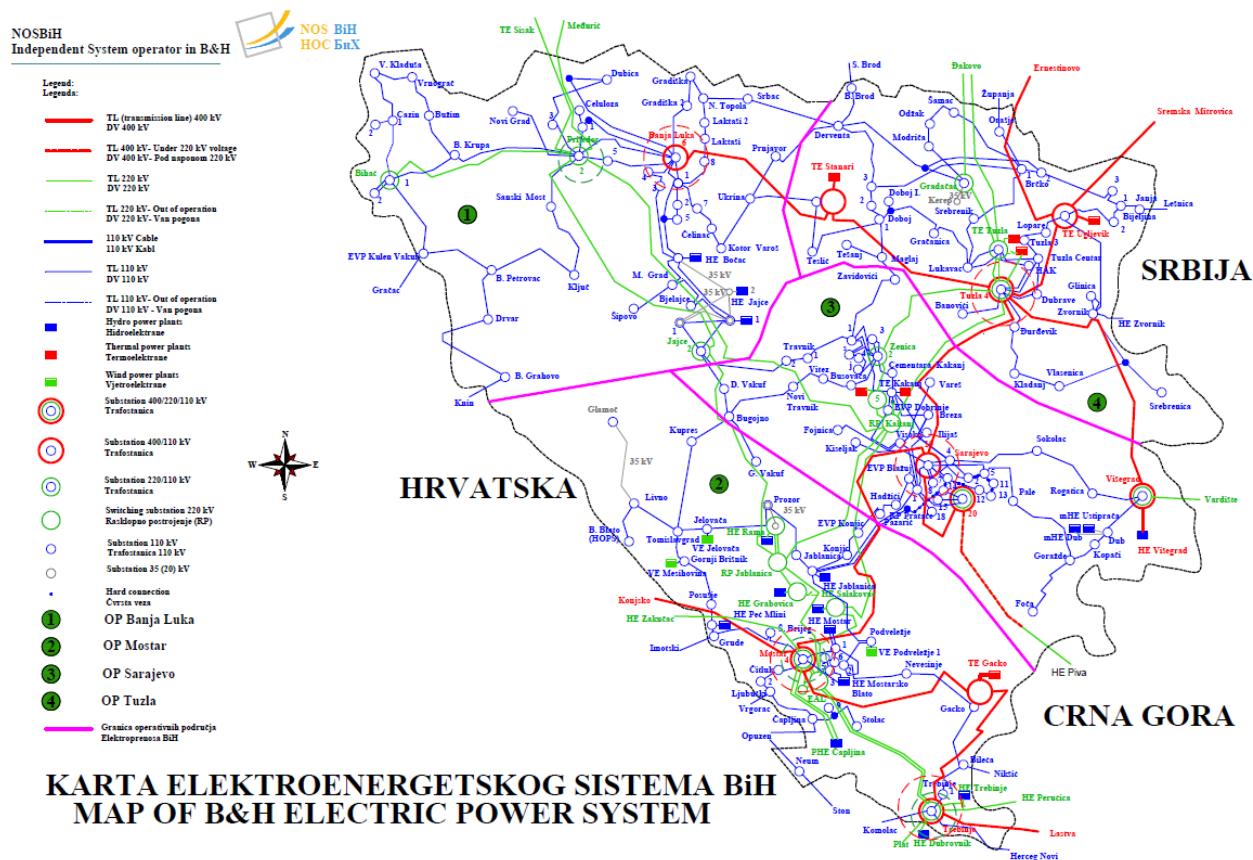
Iz tabele se vidi da su na 110 kV naponskom nivou razmatrane transformatorske stanice, tokom ove godine (2020.), mali broj sati radile pod nedozvoljeno visokim naponima, jer su naponi uspješno regulirani pomoću promjene pozicije preklopke transformatora pod opterećenjem, tako da su maksimalno izmjereni naponi bili nešto viši od dozvoljene granične vrijednosti napona određene Mrežnim kodeksom, koja iznosi 123 kV.

Tabela 2.1. Broj sati rada TS pri naponu većem od maksimalno dozvoljene vrijednosti

	TS	Naponski nivo (kV)	Um (kV)	Broj sati kada je U>Um	Broj sati u % kada je U>Um	Umm (kV)
2016	Banja Luka 6	400	420	1838	21%	431,53
		110	123	0	0%	122,56
	Tuzla 4	400	420	4591	52%	435,23
		220	245	550	6%	248,53
		110	123	0	0%	119,37
	Prijedor 2	220	245	2268	26%	252,21
		110	123	27	0%	123,72
	Mostar 4	400	420	7838	89%	446,43
		220	245	3249	37%	255,57
		110	123	30	0%	124,28
	Sarajevo 10	400	420	5675	65%	436,36
		110	123	79	1%	124,32
	Trebinje	400	420	8293	94%	451,41
		220	245	3276	37%	254,44
		110	123	3	0%	123,44
2017	Banja Luka 6	400	420	2070	24%	430,95
		110	123	0	0%	122,89
	Tuzla 4	400	420	5838	67%	437,3
		220	245	780	9%	250,82
		110	123	0	0%	121,5
	Prijedor 2	220	245	1993	23%	252,85
		110	123	0	0%	122,55
	Mostar 4	400	420	7663	88%	441,6
		220	245	2804	32%	253,28
		110	123	179	2%	125,39
	Sarajevo 10	400	420	5893	67%	438,19
		110	123	293	3%	125,96
	Trebinje	400	420	7865	90%	444,67
		220	245	3237	37%	255,04
		110	123	0	0%	122,45
2018	Banja Luka 6	400	420	2259	26%	433,49
		110	123	3	0%	123,28
	Tuzla 4	400	420	5899	67%	437,06
		220	245	654	7%	250,66
		110	123	0	0%	121,35

2019	Prijedor 2	220	245	2021	23%	253,92
		110	123	2	0%	123,52
	Mostar 4	400	420	7343	84%	441,06
		220	245	4132	47%	253,19
		110	123	7	0%	123,7
	Sarajevo 10	400	420	7001	80%	439,79
		110	123	419	5%	125,43
	Trebinje	400	420	8012	92%	440,42
		220	245	4150	47%	253,33
		110	123	0	0%	121,87
Od 1. do 11. 10. 2020.	Banja Luka 6	400	420	3477	40%	437,64
		110	123	71	1%	124,95
	Tuzla 4	400	420	7763	89%	443,89
		220	245	2054	24%	254,44
		110	123	0	0%	122,78
	Prijedor 2	220	245	4647	53%	258,46
		110	123	77	1%	124,79
	Mostar 4	400	420	8629	99%	450,19
		220	245	7368	84%	259,65
		110	123	93	1%	124,89
	Sarajevo 10	400	420	8114	93%	446,42
		110	123	1596	18%	127,37
	Trebinje	400	420	8648	99%	453,56
		220	245	6486	74%	260,9
		110	123	0	0%	122,75
Od 1. do 11. 10. 2020.	Banja Luka 6	400	420	2706	40%	441,66
		110	123	73	1%	125,83
	Tuzla 4	400	420	6474	95%	449,13
		220	245	2638	39%	267,71
		110	123	14	0%	124,74
	Prijedor 2	220	245	3501	51%	261,86
		110	123	46	1%	125,46
	Mostar 4	400	420	6669	98%	454,79
		220	245	6235	91%	264,16
		110	123	94	1%	125,67
	Sarajevo 10	400	420	6268	92%	451,82
		110	123	474	7%	128,71
	Trebinje	400	420	6380	94%	449,31
		220	245	4236	62%	259,08
		110	123	20	0%	124,05

Na slici 2.1. je prikazana geografska karta elektroenergetskog sistema BiH, na kojoj su označene transformatorske stanice, u kojima je mjerен 400, 220 i 110 kV napon tokom 2020. godine.



Slika 2.1 Karta EES BiH sa obilježenim transformatorskim stanicama u kojima je mjerjen napon.

U Tabeli 2.2. i Tabeli 2.3. u procentima je pokazano koliko su sati navedene transformatorske stanice u BiH na 400 kV i 220 kV naponskom nivou provele radeći pod naponima iznad dozvoljene granične vrijednosti, za svaki mjesec u posljednjih pet godina.

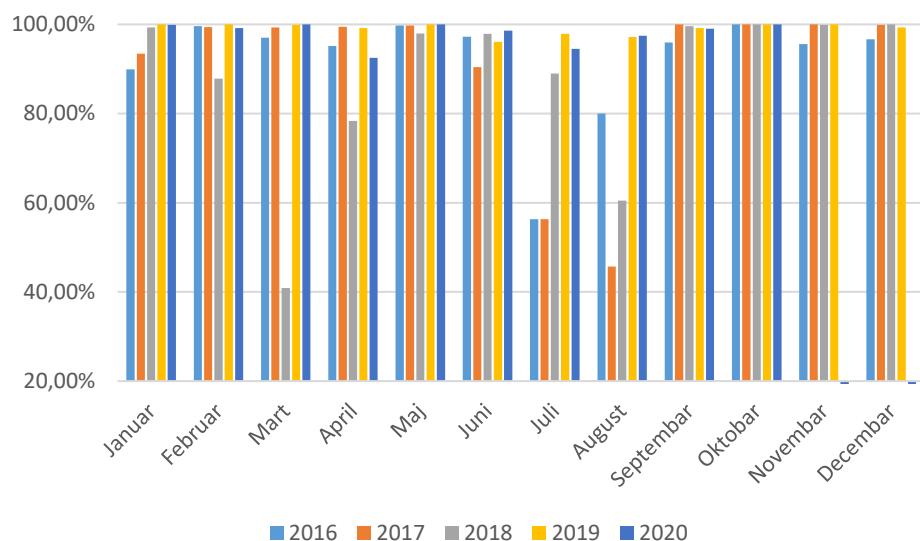
*Tabela 2.2. Mjesečni rad TS u procentima za 5 godina pri naponu većem od maksimalno dozvoljene vrijednosti ( $U>420$  kV)*

TS	Godina	Januar	Februar	Mart	April	Maj	Juni	Juli	August	Septembar	Oktobar	Novembar	Decembar
TS Mostar 4	2016	89.92%	99.57%	97.04%	95.14%	99.73%	97.22%	56.32%	79.97%	95.97%	100.00%	95.56%	96.64%
	2017	93.41%	99.40%	99.33%	99.44%	99.73%	90.42%	56.32%	45.70%	100.00%	100.00%	100.00%	99.87%
	2018	99.33%	87.80%	40.86%	78.33%	97.98%	97.92%	88.98%	60.48%	99.58%	100.00%	99.86%	100.00%
	2019	100.00%	100.00%	99.87%	99.17%	100.00%	96.11%	97.85%	97.18%	99.17%	100.00%	100.00%	99.33%
	2020	99.87%	99.14%	100.00%	92.50%	100.00%	98.61%	94.49%	97.45%	99.03%	100.00%		
TS Trebinje	2016	95.30%	100.00%	95.83%	94.72%	100.00%	99.03%	66.53%	84.01%	99.17%	100.00%	99.44%	98.52%
	2017	90.86%	100.00%	99.19%	70.14%	99.73%	93.75%	66.53%	47.85%	100.00%	100.00%	100.00%	96.10%
	2018	100.00%	96.13%	76.88%	87.78%	99.33%	99.86%	98.12%	64.11%	99.86%	100.00%	99.72%	99.73%
	2019	100.00%	100.00%	99.60%	93.19%	99.60%	96.81%	98.52%	97.45%	99.17%	100.00%	100.00%	98.92%
	2020	99.87%	97.99%	99.33%	99.31%	100.00%	97.08%	79.03%	84.81%	97.36%	96.37%		
TS Tuzla 4	2016	46.64%	64.22%	50.00%	81.67%	61.96%	50.28%	40.32%	49.60%	69.44%	69.89%	48.19%	31.32%
	2017	42.20%	78.42%	90.99%	92.50%	87.90%	58.06%	40.32%	30.11%	89.17%	81.05%	73.33%	56.32%
	2018	90.32%	57.59%	22.98%	51.11%	90.73%	74.03%	62.23%	48.66%	94.58%	90.73%	90.97%	71.77%
	2019	91.80%	96.13%	84.95%	75.56%	99.33%	84.58%	81.18%	71.77%	98.06%	99.60%	98.61%	91.40%
	2020	99.87%	91.81%	93.41%	99.03%	100.00%	95.69%	81.99%	93.68%	95.14%	100.00%		
TS Sarajevo 10	2016	59.81%	91.95%	70.83%	92.36%	66.40%	64.31%	34.41%	54.44%	82.78%	93.01%	76.11%	52.02%
	2017	59.14%	93.60%	98.79%	96.94%	95.16%	58.89%	34.41%	19.35%	96.81%	97.45%	96.11%	86.02%
	2018	100.00%	87.80%	40.86%	78.33%	97.98%	97.92%	88.98%	60.48%	99.58%	100.00%	99.86%	100.00%
	2019	100.00%	100.00%	99.87%	99.17%	100.00%	96.11%	97.85%	97.18%	99.17%	100.00%	100.00%	99.33%
	2020	99.87%	99.14%	100.00%	92.50%	100.00%	98.61%	94.49%	97.45%	99.03%	100.00%		
TS Banja Luka 6	2016	29.44%	53.45%	42.74%	60.00%	44.09%	36.25%	27.28%	26.48%	51.67%	56.99%	46.67%	34.68%
	2017	38.44%	55.36%	68.55%	72.36%	18.55%	38.75%	27.28%	21.24%	62.22%	64.38%	49.72%	45.83%
	2018	66.53%	43.45%	14.38%	39.31%	66.94%	57.64%	38.98%	31.05%	59.44%	56.85%	64.17%	45.56%
	2019	65.32%	75.45%	61.96%	57.92%	89.52%	58.61%	48.79%	45.56%	75.14%	80.65%	66.67%	46.24%
	2020	54.57%	58.05%	64.78%	92.08%	87.90%	54.17%	52.69%	76.34%	76.39%	18.55%		

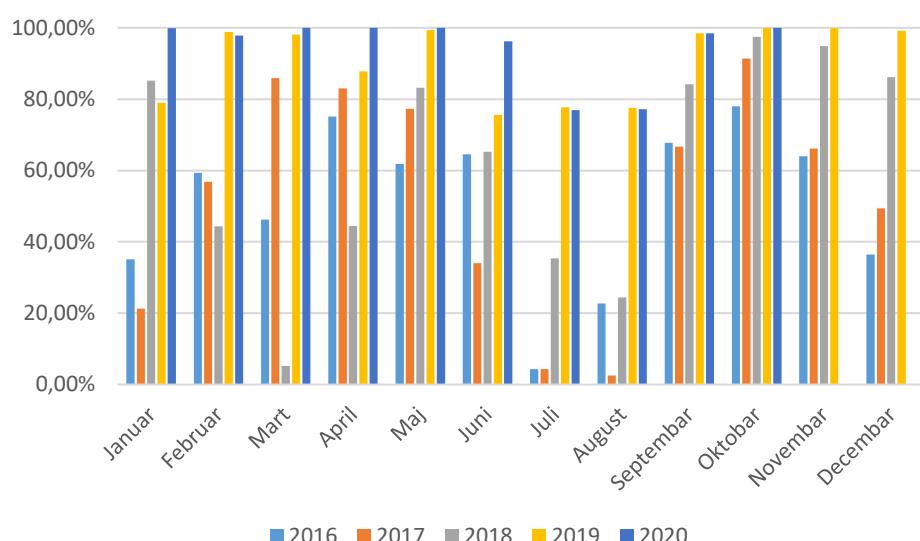
*Tabela 2.3. Mjesečni rad TS u procentima za 5 godina pri naponu većem od maksimalno dozvoljene vrijednosti ( $U>245$  kV)*

TS	Godina	Januar	Februar	Mart	April	Maj	Juni	Juli	August	Septembar	Oktobar	Novembar	Decembar
TS Mostar 4	2016	35.08%	59.34%	46.24%	75.14%	61.83%	64.58%	4.30%	22.72%	67.78%	77.96%	64.03%	36.42%
	2017	21.24%	56.85%	85.89%	83.06%	77.28%	34.03%	4.30%	2.55%	66.67%	91.40%	66.11%	49.33%
	2018	85.22%	44.35%	5.24%	44.44%	83.20%	65.28%	35.35%	24.46%	84.17%	97.45%	94.86%	86.16%
	2019	79.03%	98.81%	98.12%	87.78%	99.33%	75.56%	77.69%	77.55%	98.47%	100.00%	99.86%	99.19%
	2020	99.87%	97.84%	100.00%	100.00%	100.00%	96.25%	76.88%	77.15%	98.47%	100.00%		
TS Trebinje	2016	27.96%	33.33%	29.84%	49.72%	21.24%	54.72%	2.82%	21.64%	73.33%	86.83%	58.33%	34.54%
	2017	15.46%	42.86%	76.21%	68.19%	61.56%	22.78%	2.82%	0.00%	53.89%	77.28%	43.06%	32.12%
	2018	72.31%	41.52%	4.57%	34.17%	77.96%	60.00%	28.63%	17.74%	73.19%	94.35%	85.28%	61.83%
	2019	42.07%	80.06%	96.10%	80.14%	95.56%	68.47%	73.52%	51.34%	91.94%	99.87%	98.89%	70.43%
	2020	77.42%	78.30%	87.50%	97.64%	91.13%	88.19%	42.34%	26.48%	83.19%	78.63%		
TS Tuzla 4	2016	1.08%	22.27%	6.99%	7.64%	9.27%	6.67%	0.13%	2.96%	13.61%	17.88%	8.75%	0.94%
	2017	4.97%	25.89%	24.19%	18.06%	24.73%	5.42%	0.13%	0.13%	9.03%	6.05%	2.50%	8.33%
	2018	23.12%	11.76%	1.75%	15.14%	38.98%	17.08%	12.50%	0.13%	16.39%	14.52%	17.64%	4.44%
	2019	15.99%	34.52%	27.15%	31.25%	58.33%	27.64%	17.34%	17.74%	39.86%	46.51%	50.00%	30.78%
	2020	39.65%	50.14%	50.67%	69.31%	83.60%	61.94%	29.03%	28.49%	51.81%	24.19%		
TS Prijedor 2	2016	31.99%	33.76%	25.00%	47.08%	35.35%	31.81%	9.54%	23.25%	30.97%	49.87%	35.83%	29.17%
	2017	22.04%	39.73%	17.07%	0.00%	22.04%	25.97%	9.54%	10.62%	43.19%	42.88%	34.44%	29.44%
	2018	49.46%	22.02%	2.28%	22.64%	42.34%	31.94%	25.27%	15.19%	38.75%	37.90%	45.97%	36.56%
	2019	47.58%	57.59%	55.78%	57.50%	75.81%	58.19%	48.25%	50.00%	75.83%	80.38%	70.56%	49.73%
	2020	50.27%	64.08%	67.34%	92.36%	89.65%	52.22%	42.61%	33.47%	54.31%	17.07%		
TS Jajce 2	2016	41.94%	42.53%	32.93%	51.53%	36.02%	32.08%	2.42%	1.08%	5.97%	2.96%	0.69%	0.00%
	2017	0.00%	2.68%	14.78%	16.67%	5.91%	27.22%	2.42%	1.34%	28.89%	15.46%	0.56%	1.21%
	2018	14.38%	1.34%	0.27%	1.94%	21.77%	1.11%	7.53%	0.00%	11.94%	14.38%	22.50%	14.52%
	2019	24.87%	49.85%	60.89%	61.94%	92.07%	67.78%	42.47%	24.33%	46.94%	76.21%	72.64%	58.47%
	2020	93.41%	91.67%	99.87%	100.00%	29.70%	50.56%	31.85%	2.82%	79.31%	42.20%		
RP Kakanj	2016	36.16%	44.11%	32.93%	53.89%	46.10%	40.69%	13.31%	26.75%	61.53%	81.32%	58.19%	34.27%
	2017	29.70%	62.50%	50.00%	50.69%	55.65%	43.61%	13.31%	11.56%	78.33%	86.56%	63.61%	54.17%
	2018	23.12%	11.76%	1.75%	15.14%	38.98%	17.08%	12.50%	0.13%	16.39%	14.52%	17.64%	4.44%
	2019	15.99%	34.52%	27.15%	31.25%	58.33%	27.64%	17.34%	17.74%	39.86%	46.51%	50.00%	30.78%
	2020	39.65%	50.14%	50.67%	69.31%	83.60%	61.94%	29.03%	28.49%	51.81%	24.19%		

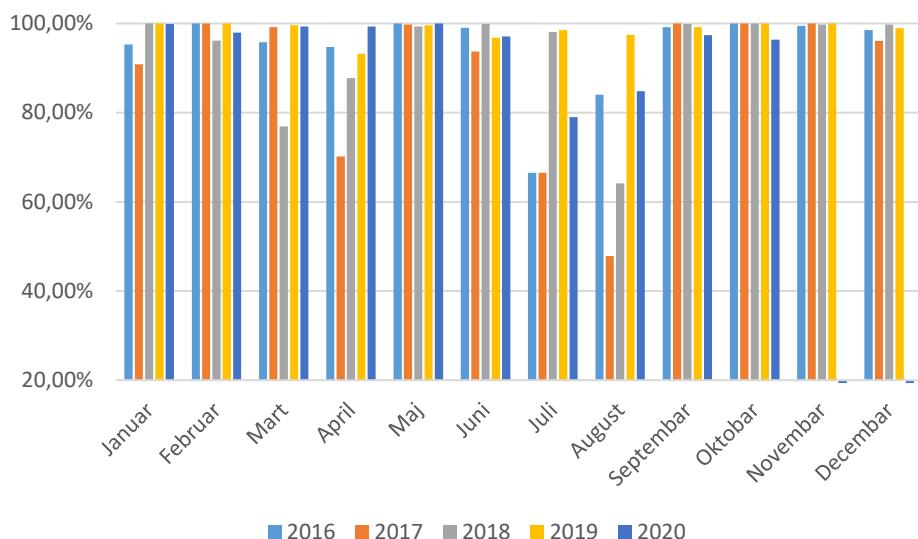
Na slikama od 2.2. do 2.9. prikazani su dijagrami sa mjesecnim procentom rada karakterističnih transformatorskih stanica u BiH, na 400 kV i 220 kV naponskom nivou pri povišenim naponima, od 2016. godine do oktobra 2020. godine, na kojima se vidi da je najduži rad ovih transformatorskih stanica pri nedozvoljenim naponima bilo u proljetnim (aprili i maj) i jesenjim (septembar i oktobar) mjesecima. Sa dijagraoma se takođe može vidjeti konstantan porast procenta rada pri povišenim naponima od 400 kV i 220 kV.



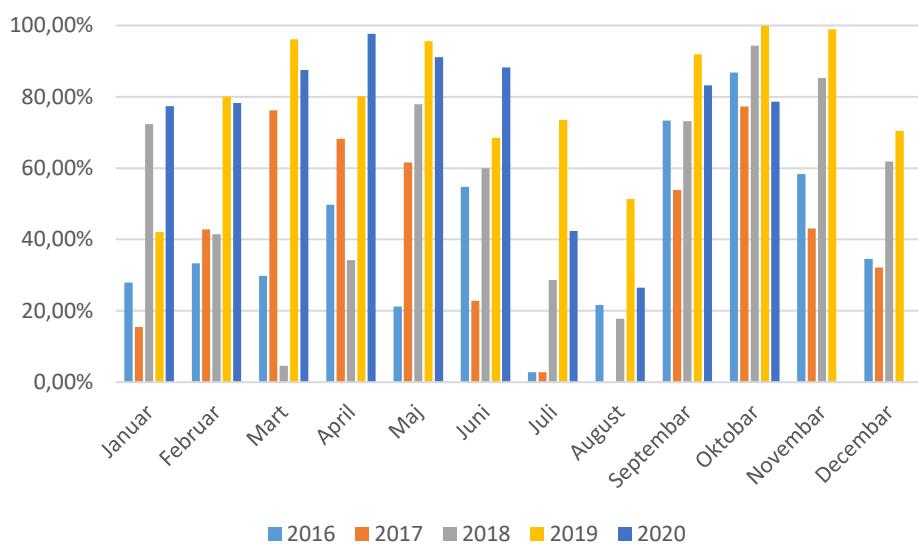
Slika 2.2. Mjesecni procenat rada TS Mostar 4, pri povišenim 400 kV naponima, tokom 5 godina



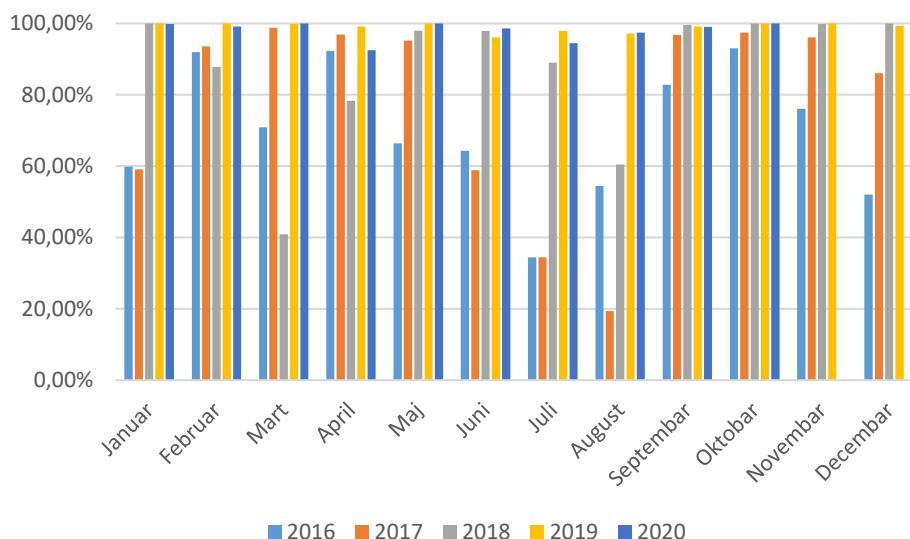
Slika 2.3. Mjesecni procenat rada TS Mostar 4, pri povišenim 220 kV naponima, tokom 5 godina



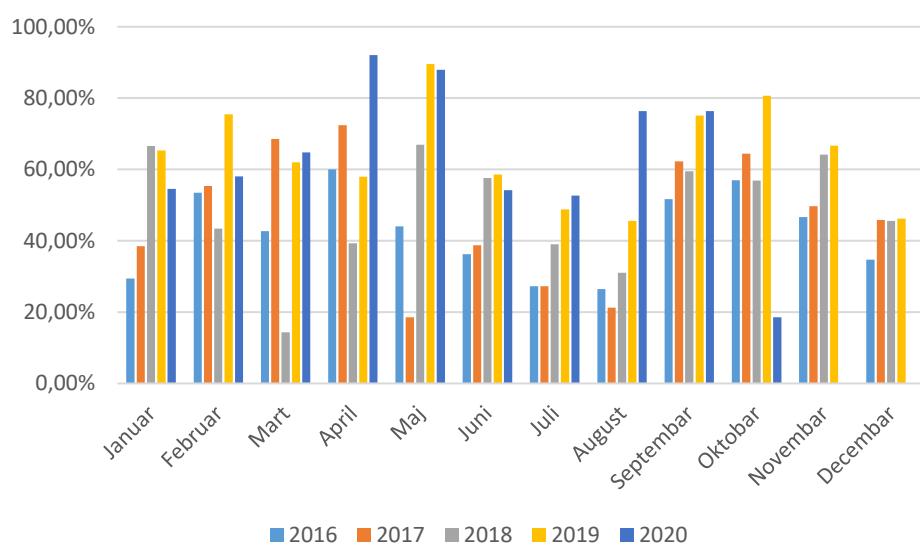
Slika 2.4. Mjesečni procenat rada TS Trebinje, pri povišenim 400 kV naponima, tokom 5 godina



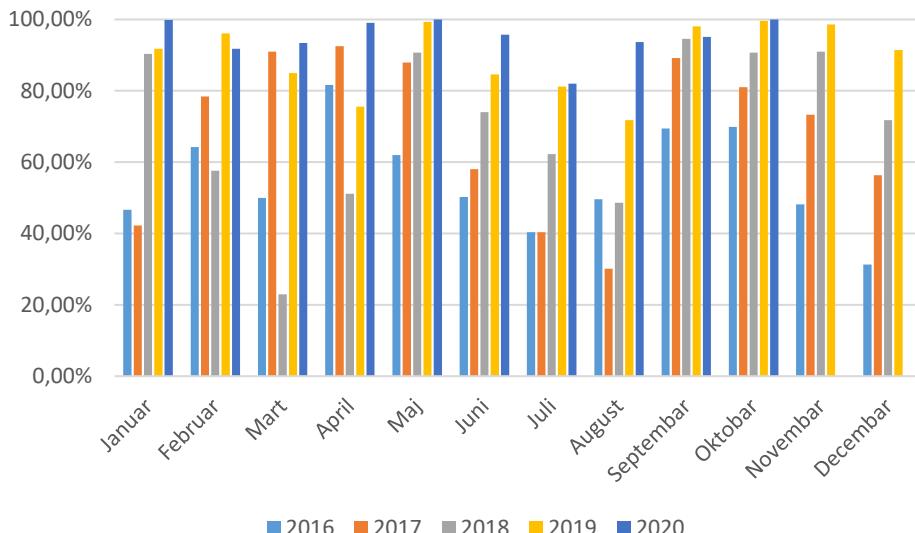
Slika 2.5. Mjesečni procenat rada TS Trebinje, pri povišenim 220 kV naponima, tokom 5 godina



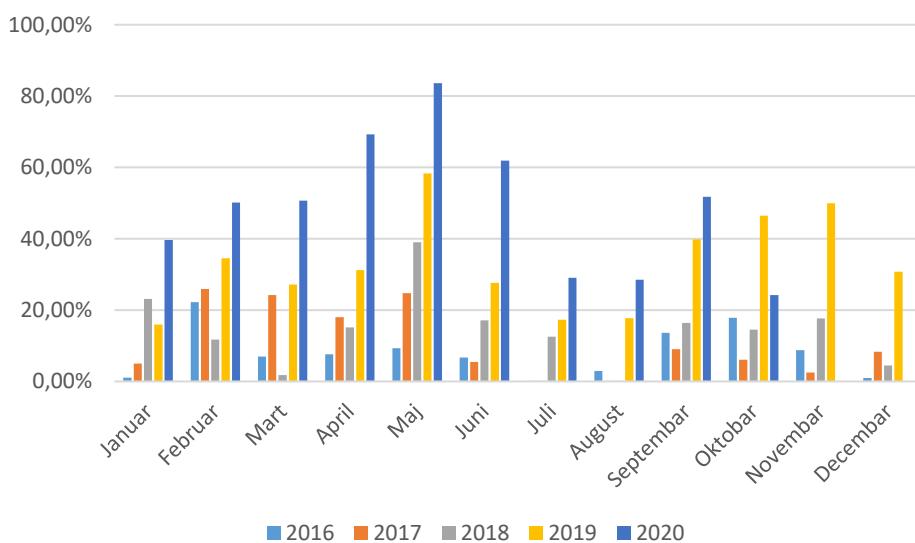
Slika 2.6.. Mjesečni procenat rada TS Sarajevo 10, pri povišenim 400 kV naponima, tokom 5 godina



Slika 2.7. Mjesečni procenat rada TS Banja Luka 6, pri povišenim 400 kV naponima, tokom 5 godina



Slika 2.8. Mjesečni procenat rada TS Tuzla 4, pri povišenim 400 kV naponima, tokom 5 godina



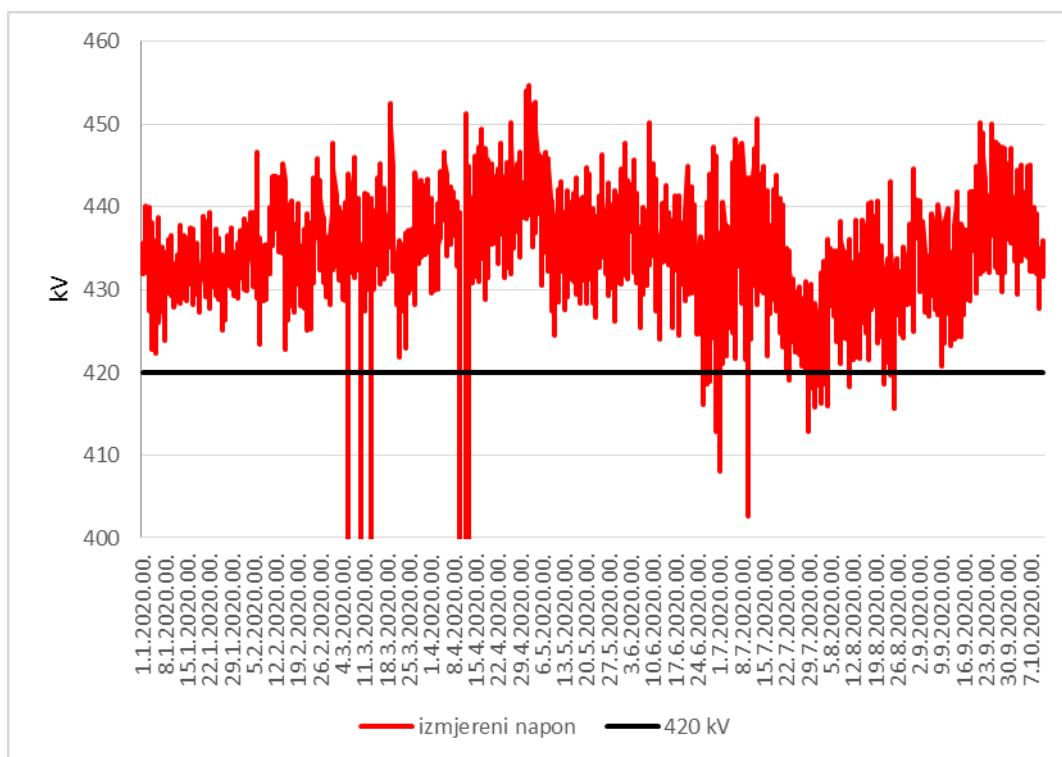
Slika 2.9. Mjesečni procenat rada TS Tuzla 4, pri povišenim 220 kV naponima, tokom 5 godina

U nastavku je detaljno prikazana analiza naponskih prilika tokom 9 mjeseci i 11 dana 2020. godine u svim čvorištima prikazanim u Tabeli 2.1. i na Slici 2.1. Izmjerene satne vrijednosti napona su prikazane dijagramima promjena i dijagramima trajanja napona. Slikama su za svaku posmatranu transformatorsku stanicu prikazane godišnje vrijednosti napona na pojedinim sabirnicama prema vremenskom slijedu, te godišnje krive trajanja napona koje prikazuju nevremenski slijed pojave pojedinih vrijednosti napona od najviših iznosa do najmanjih. Iz prvog niza slika moguće je uočiti zavisnost visokih napona u posmatranih sezonomama odnosno mjesecima, dok je iz drugog niza slika moguće uočiti broj sati u godini dana kad su naponi bili viši od dozvoljenih maksimalnih vrijednosti.

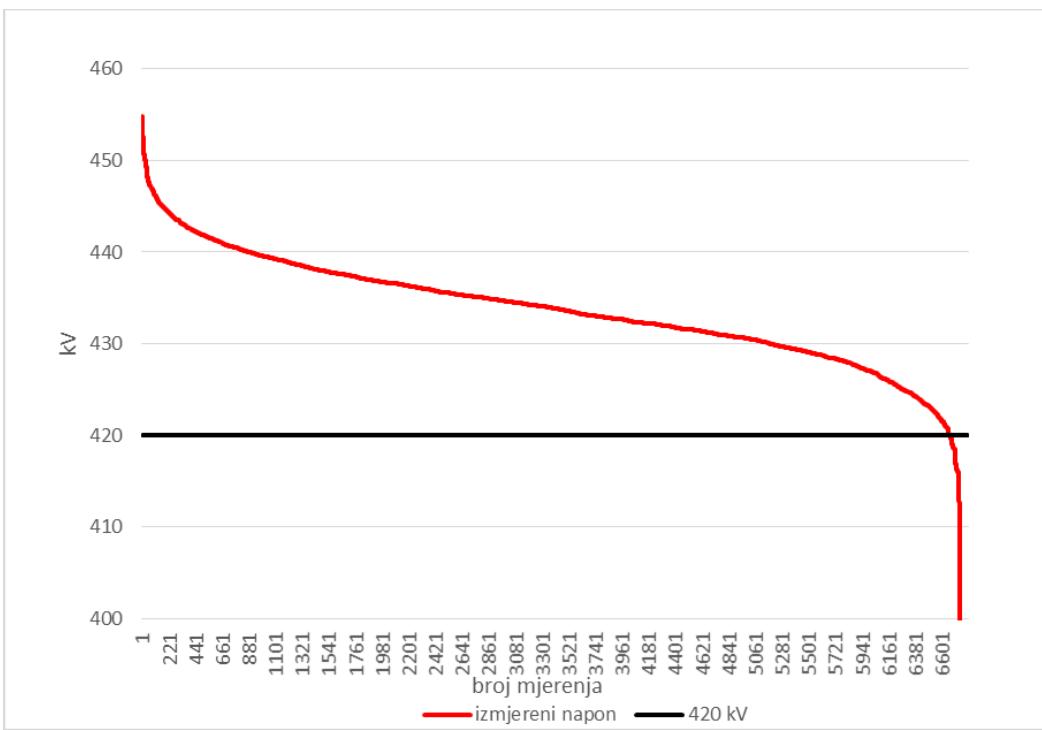
### 2.1.1 TS 400/220/110 kV Mostar 4

Na Slici 2.10. je dijagram promjene 400 kV napona tokom 9 mjeseci i 11 dana 2020. godine u TS Mostar 4, koji predstavlja sve satne vrijednosti u razmatranom periodu i sa koga se mogu uočiti dnevni profili napona i periodi u kojima su naponi bili povišeni. Na Slici 2.11. su dijagrami trajanja 400 kV napona tokom 9 mjeseci i 11 dana 2020. godine, koji predstavljaju satne vrijednosti napona, poredane od najviše do najniže vrijednosti u razmatranom periodu i prikazuju period trajanja određene vrijednosti napona, npr. broj sati trajanja napona iznad maksimalno dozvoljene vrijednosti.

Među razmatranim transformatorskima stanicama, u TS Mostaru 4 je u vrijeme prvomajskih praznika, u subotu 02.05.2020. godine, u 07:00 sati (h), zabilježena rekordna vrijednost 400 kV napona, u iznosu od 454,79 kV, što predstavlja najvišu historijsku vrijednost nedozvoljenog napona i ukupno najduže vrijeme trajanja nedozvoljenih povišenih napona – od 6669 sati. To čini 98% za posmatrani vremenski horizont, sa velikom vjerovatnoćom da, kada se dodaju podaci do kraja ove godine i ove vrijednosti budu historijske. Jedan od glavnih razloga ovako velikog broja sati rada sa vrijednostima napona iznad dozvoljenih je smanjena potrošnja u kompletnom sistemu ENTSO–E, pa tako i u BiH te susjednim zemljama, što je posljedica pandemije virusa covid 19. Takođe se i dalje osjećaju posljedice izlaska sa mreže, polovinom 2019. godine, najvećeg potrošača aktivne i reaktivne snage u BiH, Aluminija d.d. Mostar. Smanjenjem potrošnje podopterećeni dalekovodi su generisali reaktivnu snagu i uzrokovali povišenje napona u čitavoj regiji jugoistočne Evrope. Na taj način se u prenosnu mrežu BiH dodatno importovala reaktivna snaga sa interkonektivnih dalekovoda, a najviše preko DV 400 kV Mostar 4 - Konjsko, preko kojeg se redovno injektira reaktivna snaga iz Hrvatske u TS Mostar 4, u iznosu od 80 do 100 MVAr.

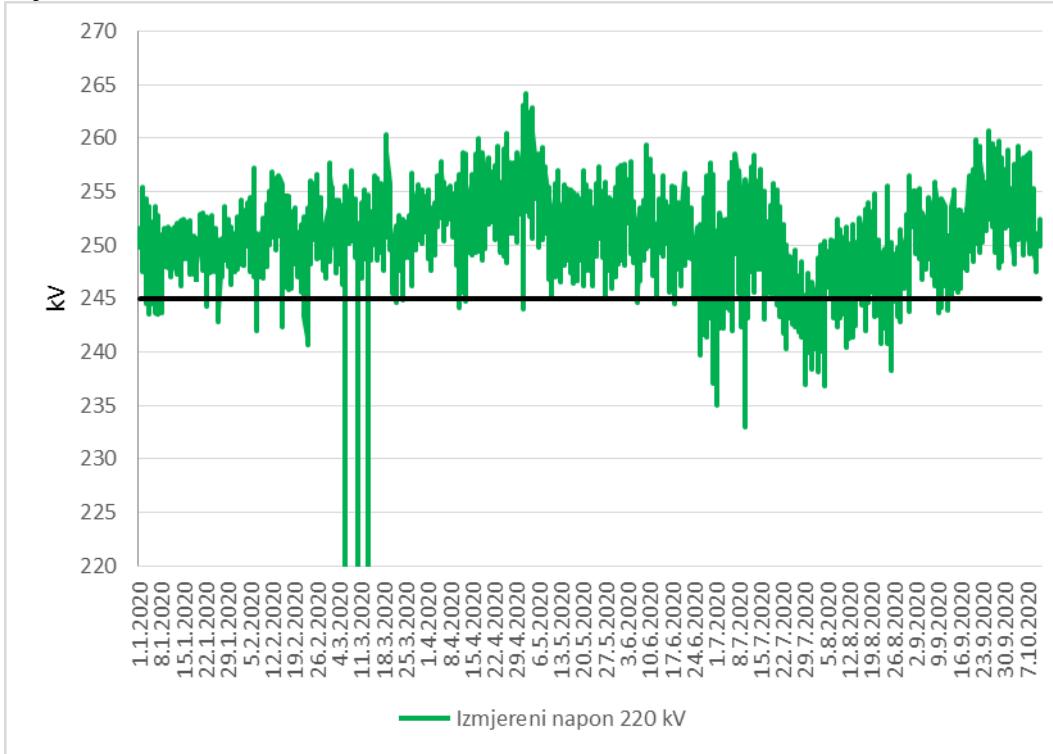


Slika 2.10. Dijagram promjene 400 kV napona u TS Mostar 4, tokom 2020. godine

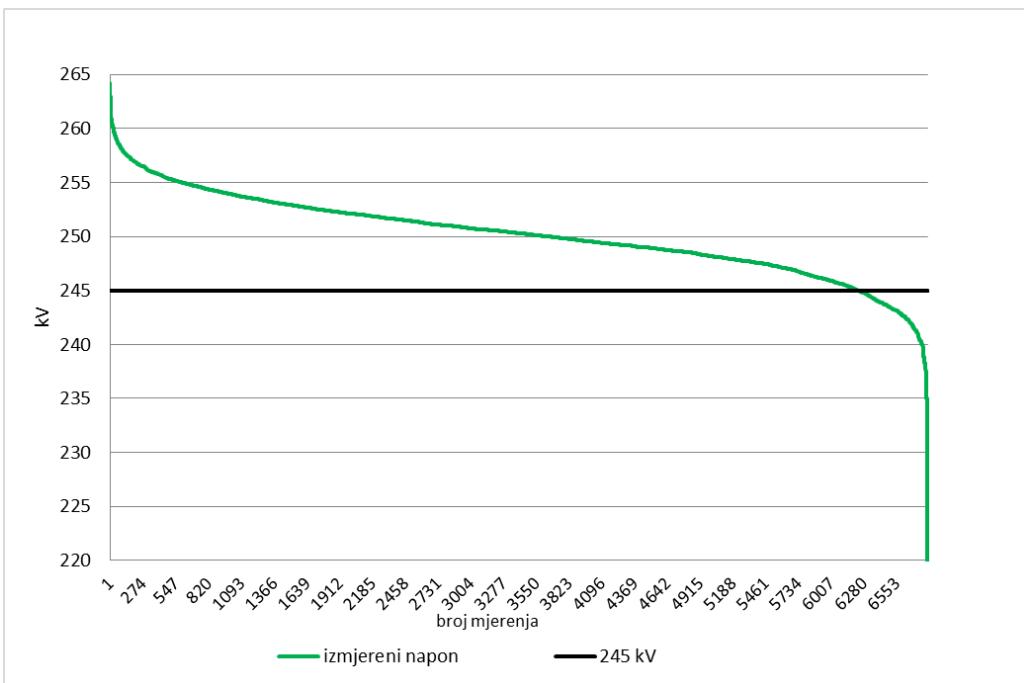


Slika 2.11. Dijagram trajanja 400 kV napona u TS Mostar 4, tokom 2020. godine

Najviši 220 kV naponi, kao i vrijeme trajanja tih naponi su prikazani na slikama 2.12. i 2.13. Maksimalni izmjereni napon je zabilježen u vrijeme prvomajskih praznika (u isto vrijeme kao i na 400 kV sabirnicama) 03.05.2020. u 07:00 h, u iznosu od 264,16 kV i takođe predstavlja historijski maksimum.

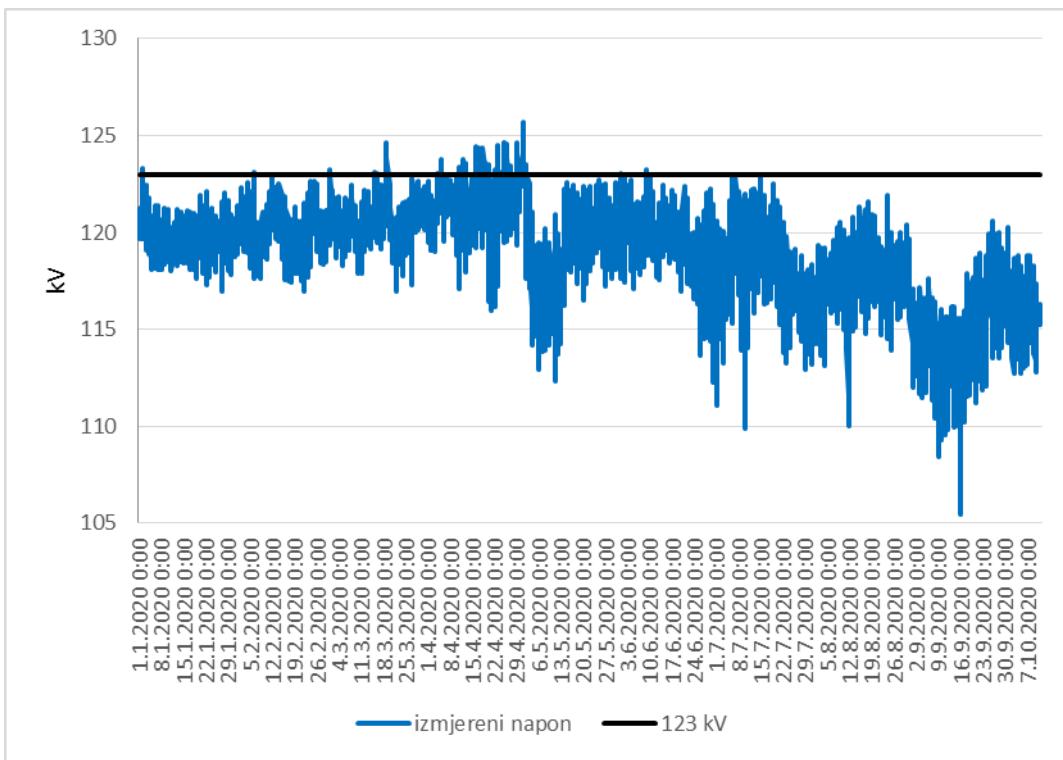


Slika 2.12. Dijagram promjene 220 kV napona u TS Mostar 4, tokom 2020. godine

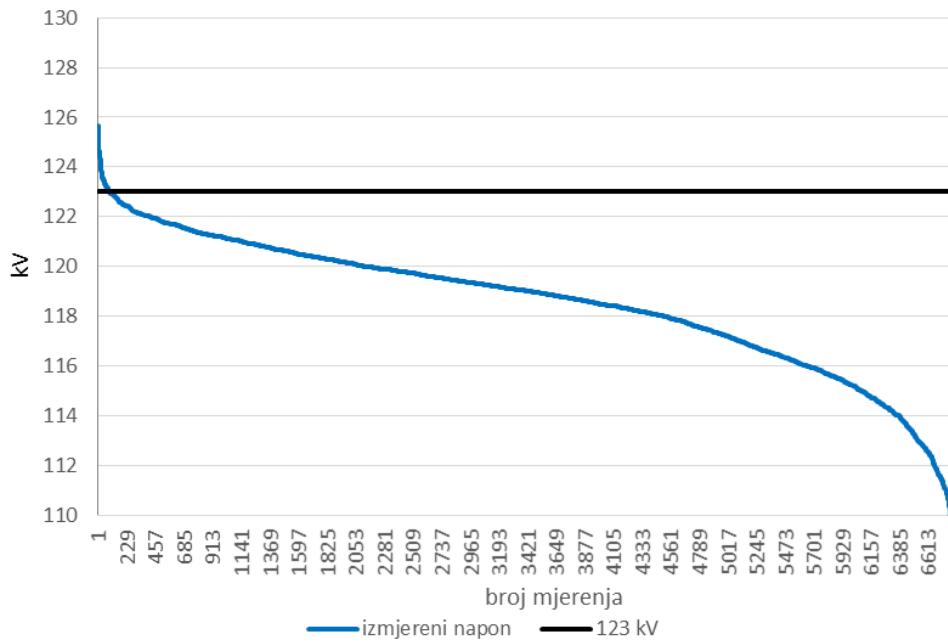


Slika 2.13. Dijagram trajanja 220 kV napona u TS Mostar 4, tokom 2020. godine

Naponi na 110 kV sabirnicama unutar promatrane TS kretali su se uglavnom unutar dozvoljenih vrijednosti, izuzev 94 sata, ostvarenih uglavnom u drugoj polovini aprila i za prvomajске praznike, kada je napon bio viši od dozvoljenog. Maksimalni zabilježeni napon je bio 02.05.2020. u 05:00 h i iznosio je 125,67 kV. Potrebno je napomenuti da veći dio ovoga perioda u Mostaru 4 nije bilo transformacije 220/110 kV jer su oba transformatora bila u trajnom kvaru. Na slikama 2.14. i 2.15. su pokazani dijagrami promjena i trajanja 110 kV napona u TS Mostar 4.



Slika 2.14. Dijagram promjene 110 kV napona u TS Mostar 4, tokom 2020. godine

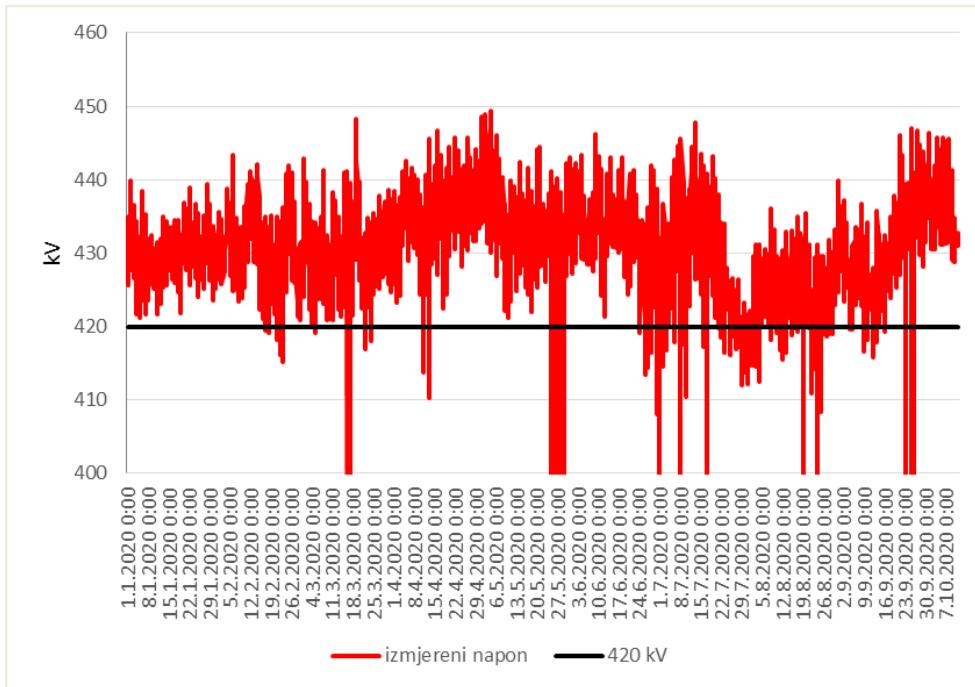


Slika 2.15. Dijagram trajanja 110 kV napona u TS Mostar 4, tokom 2020. godine

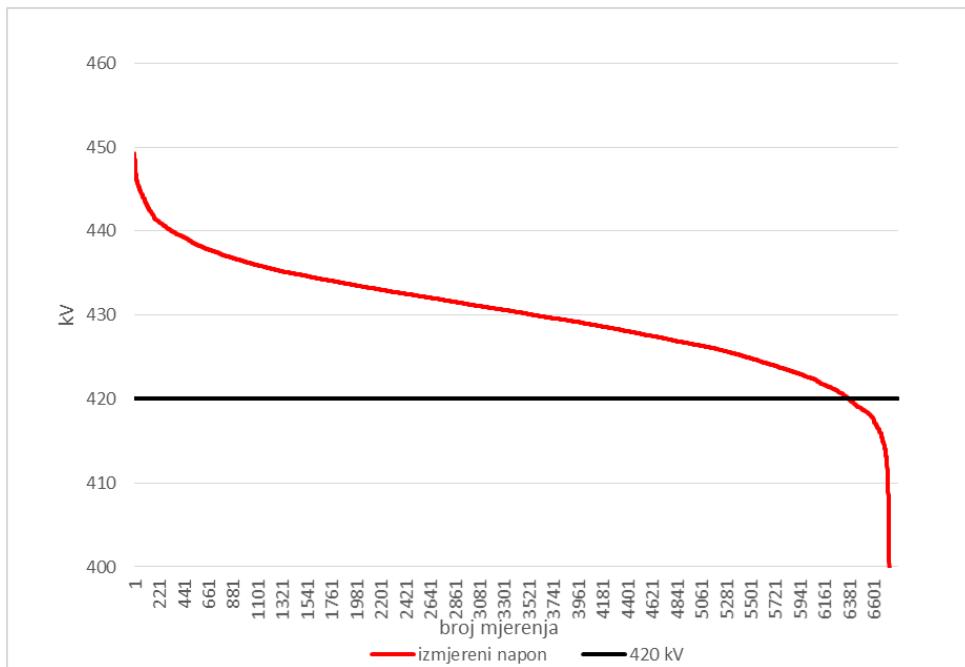
## 2.1.2 TS 400/220/110 kV Trebinje

U TS Trebinju su tokom prethodnih godina bilježene slične naponske prilike kao u TS Mostaru 4 i obje TS su, posmatrajući ostatak EES-a BiH, najviše sati radile pri naponima iznad dozvoljenih graničnih vrijednosti na 400 kV i 220 kV naponskom nivou. U ovoj TS na 400 kV sabirnicama napon je prelazio maksimalnu dozvoljenu vrijednost 6380 sati,

odnosno 94% od posmatranog vremena (9 mjeseci i 11 dana), a maksimalna vrijednost od 449,31 kV je zabilježena 05.05.2020. u 05:00 sati, što se vidi na slikama 2.16. i 2.17.

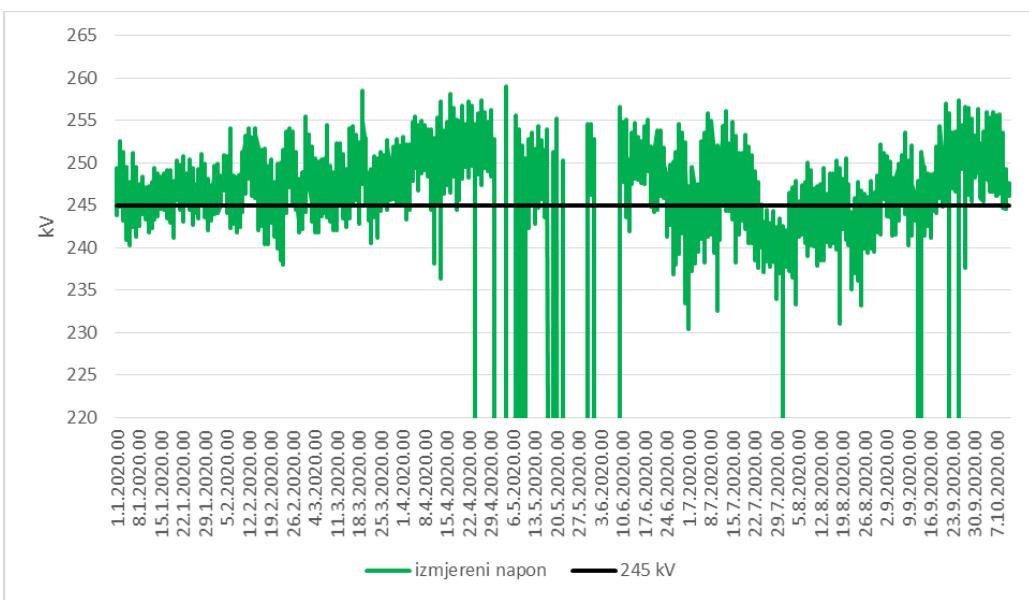


Slika 2.16. Dijagram promjene 400 kV napona u TS Trebinje, tokom 2020. godine

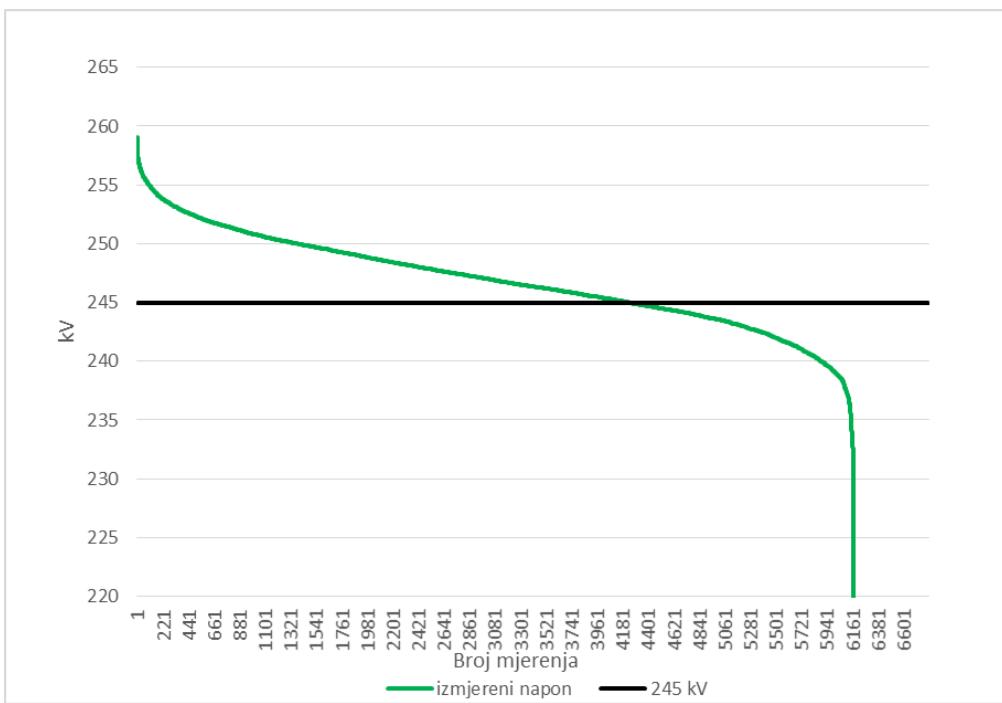


Slika 2.17. Dijagram trajanja 400 kV napona u TS Trebinje, tokom 2020. godine

Na 220 kV sabirnicama maksimalni napon je iznosio 259,08 kV istoga dana 05.05.2020. godine u 5:00 sati, a TS je 4256 sati radila sa nedozvoljeno visokim naponima, odnosno 62% vremena u ovoj godini, što je pokazano na slikama 2.18. i 2.19.



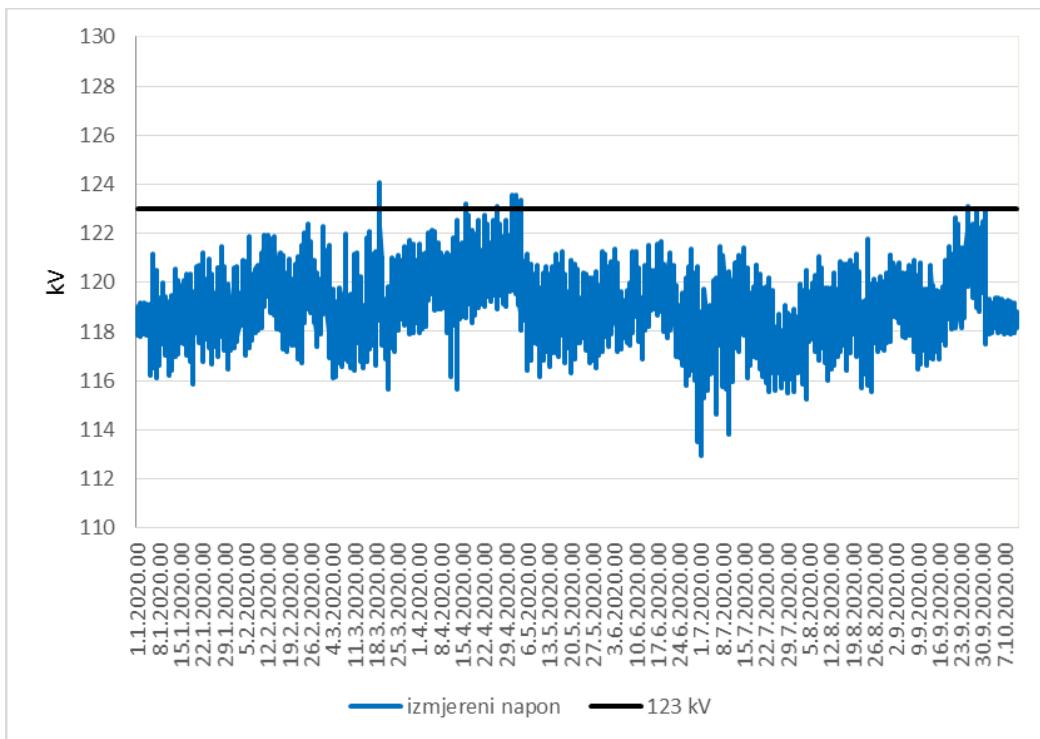
Slika 2.18. Dijagram promjene 220 kV napona u TS Trebinje, tokom 2020. godine



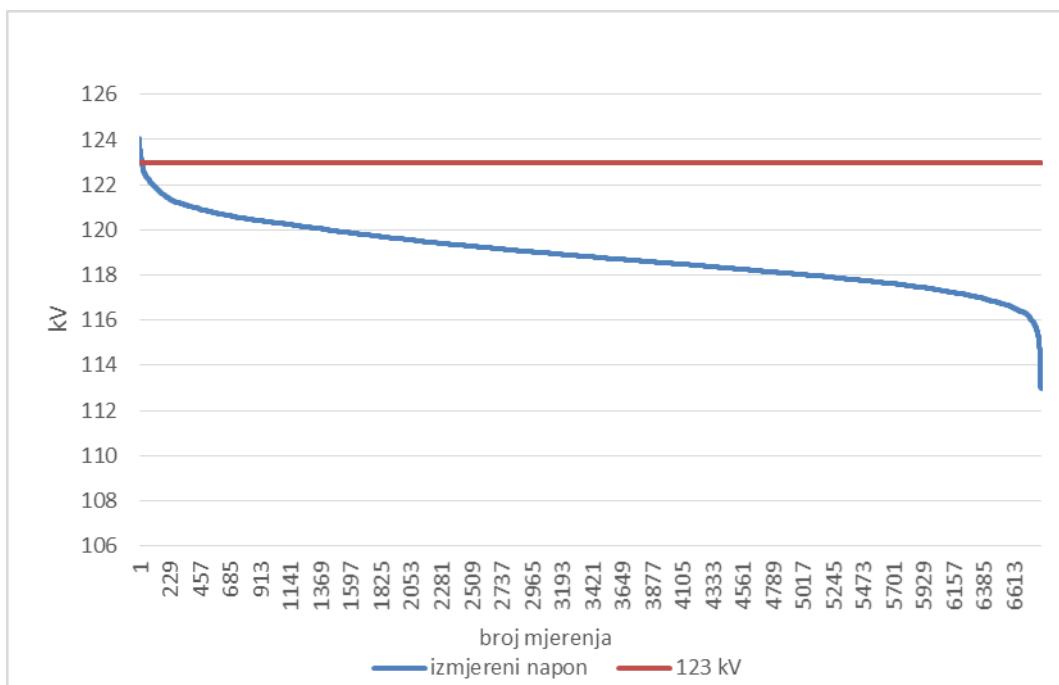
Slika 2.19. Dijagram trajanja 220 kV napona u TS Trebinje, tokom 2020. godine

Najviši zabilježen napon na sabirnicama 110 kV je iznosio 124,05 kV, a izmjerен je 20.03.2020. godine u 04:00 sata, što je prikazano na Slici 2.20. U mјerenom periodu zabilježeno je 20 sati

rada TS iznad dozvoljenih granica, što se može pripisati uspješnoj regulaciji transformatora 220/110 kV, a prikazano je na Slici 2.21.



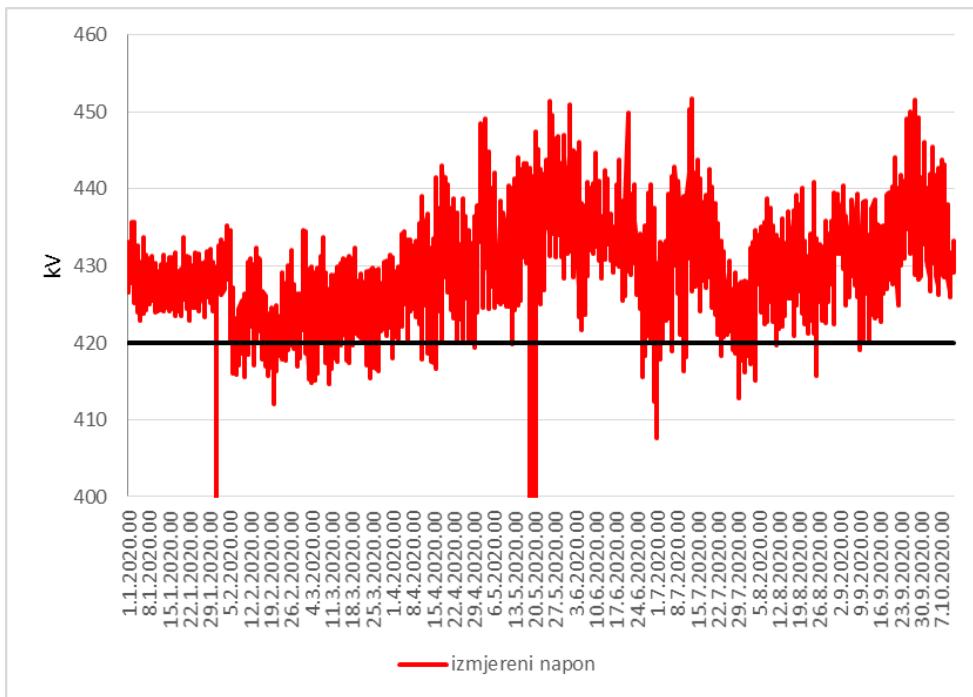
Slika 2.20. Dijagram promjene 110 kV napona u TS Trebinje, tokom 2020. godine



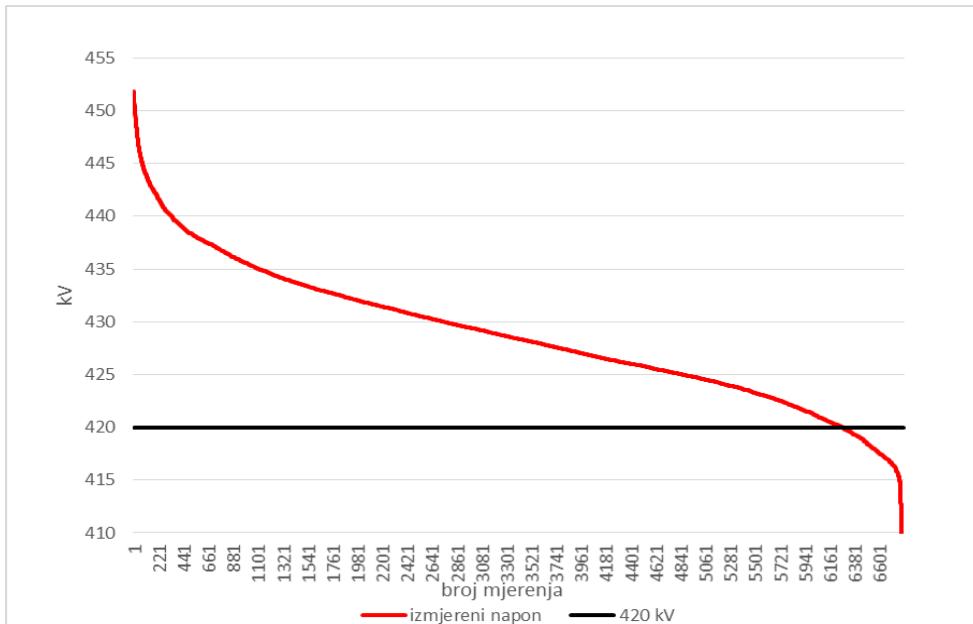
Slika 2.21. Dijagram trajanja 110 kV napona u TS Trebinje, tokom 2020. godine

### 2.1.3 TS 400/110 kV Sarajevo 10

Maksimalna izmjerena vrijednost napona u ovoj TS bila je 451,82 kV, i zabilježena je u ponedeljak, 13.07.2020. u 07:00 h. Ukupno trajanje povišenih napona na 400 kV naponskom nivou iznosilo je 6268 sati, što je 92% posmatranog vremena. Dijagrami promjene i trajanja 400 kV napona u TS Sarajevo, tokom 2020. godine su prikazani na slikama 2.22. i 2.23.

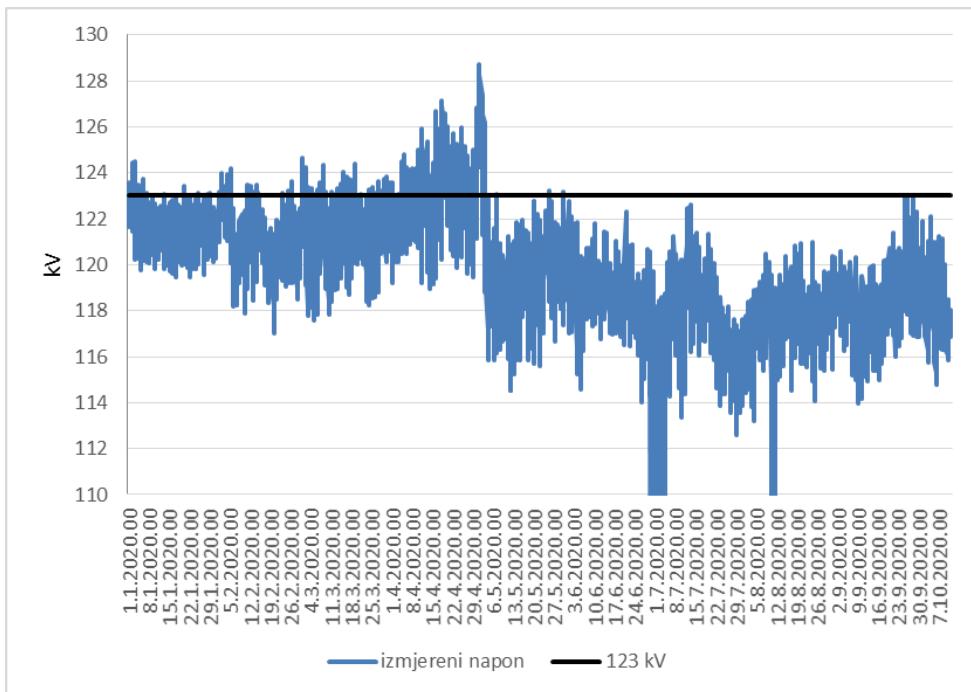


Slika 2.22. Dijagram promjene 400 kV napona u TS Sarajevo, tokom 2020. godine

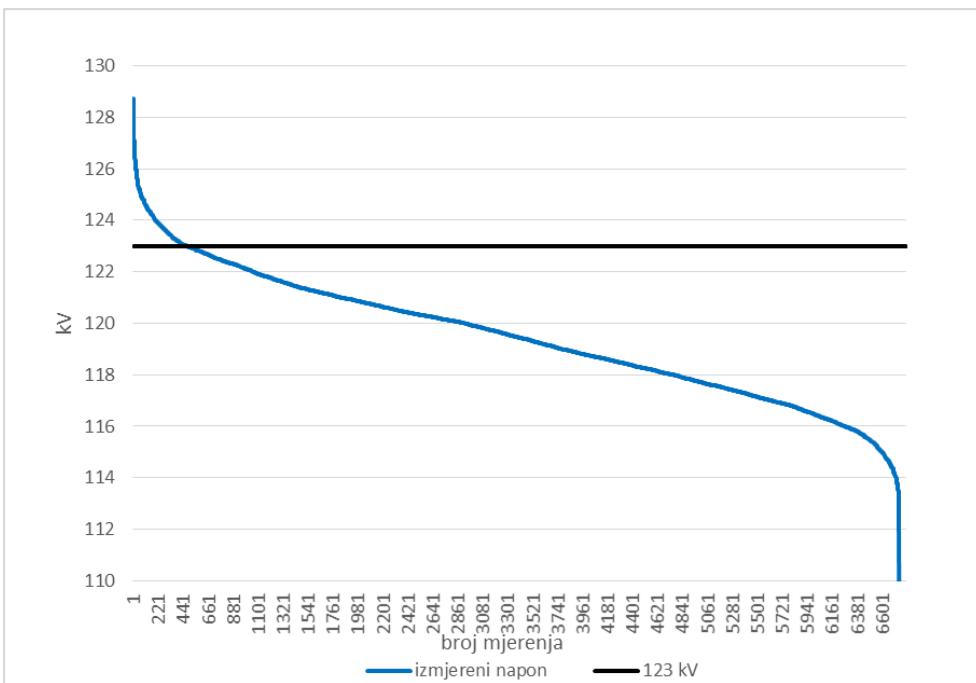


Slika 2.23. Dijagram trajanja 400 kV napona u TS Sarajevo, tokom 2020. godine

Najviši zabilježeni napon na 110 kV sabirnicama bio je 128,71 kV, a izmjerен je za prvomajske praznike 02.05.2020. u 07:00 h. Na 110 kV sabirnicama su zabilježena 474 sata prekoračenja dozvoljenih vrijednosti napona i to je 7% za mjereneh 9 mjeseci i 11 dana 2020. godine, što ujedno predstavlja najduže vrijeme trajanja nedozvoljenih napona na 110 kV naponskom nivou, od svih posmatranih transformatorskih stanica. Na slikama 2.24. i 2.25. su dijagrami promjene i trajanja 110 kV napona.



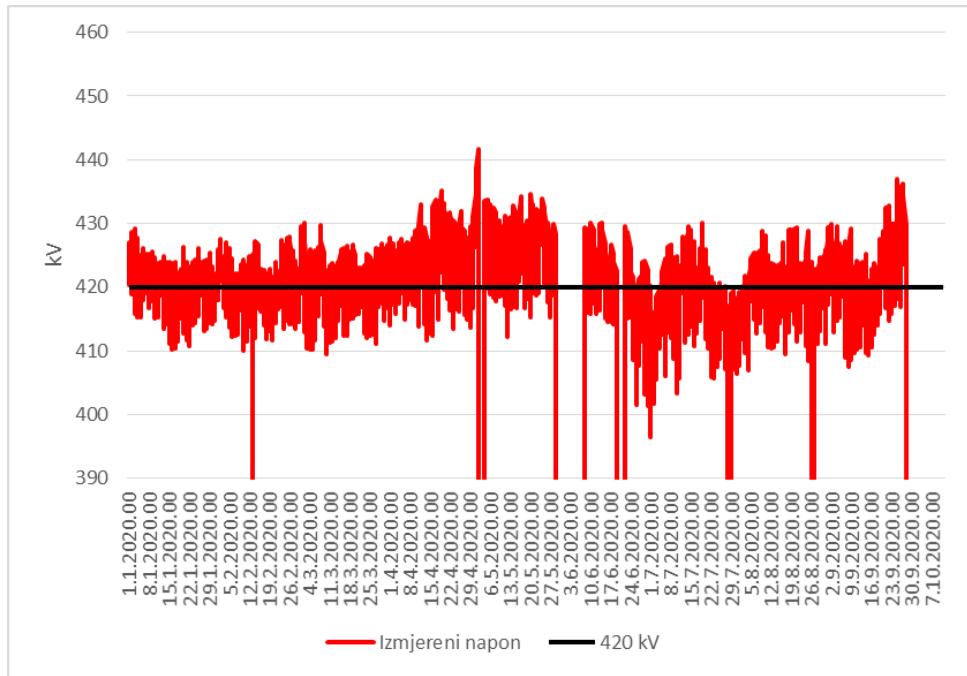
Slika 2.24. Dijagram promjene 110 kV napona u TS Sarajevo, tokom 2020. godine



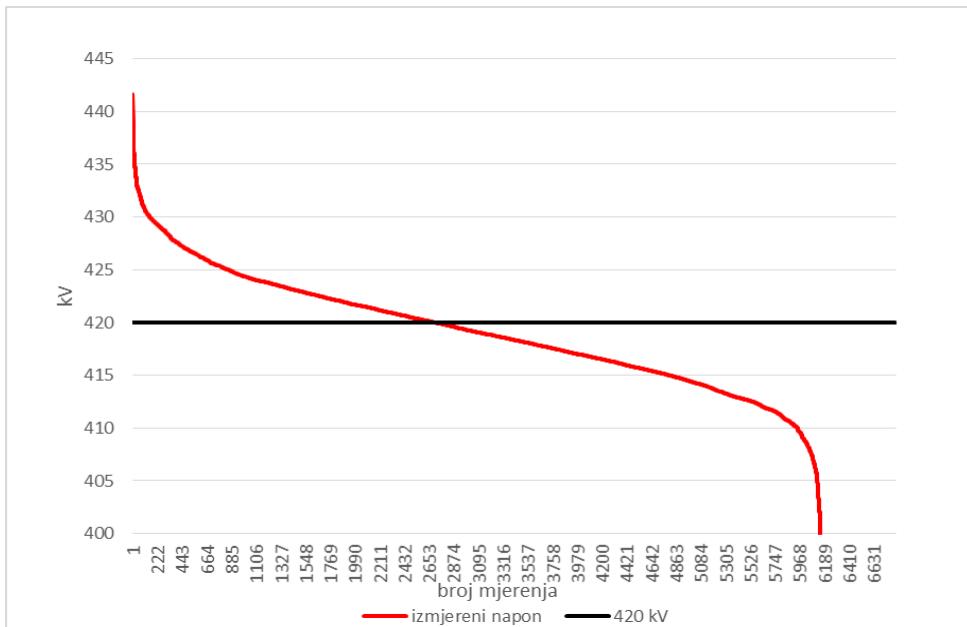
Slika 2.25. Dijagram trajanja 110 kV napona u TS Sarajevo, tokom 2020. godine

## 2.1.4 TS 400/110 kV Banja Luka 6

Sa Slike 2.26. se može uočiti najviši nedozvoljeni napon u posmatranom periodu 2020. godine, koji je iznosio 441,66 kV, a zabilježen je u subotu, 2.5.2020. godine, u 07:00 h. Pored vrijednosti napona vide se i prekidi krive napona, koji su se dešavali zbog beznaponskog stanja sabirnica, odnosno isključenja 400 kV dalekovoda Banja Luka – Stanari. Sa Slike 2.27. se može vidjeti da su u TS Banja Luka 6 povišene vrijednosti 400 kV napona u mјerenom periodu 2020. godine zabilježene tokom 2706 sati.

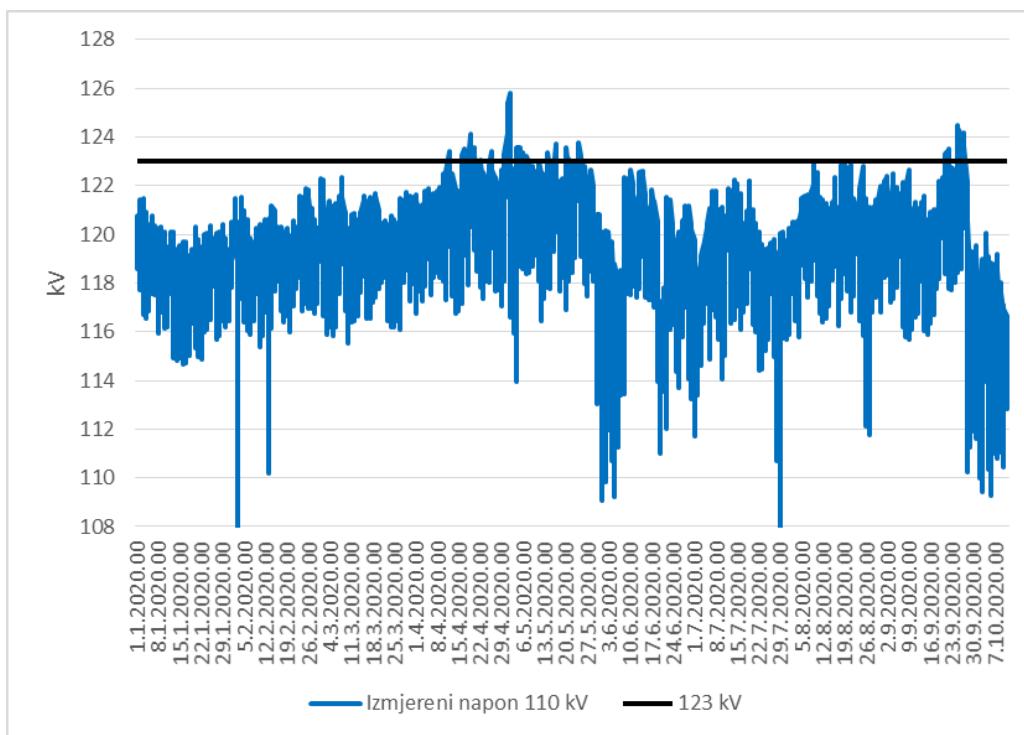


*Slika 2.26. Dijagram promjene 400 kV napona u TS Banja Luka, tokom 2020. godine*

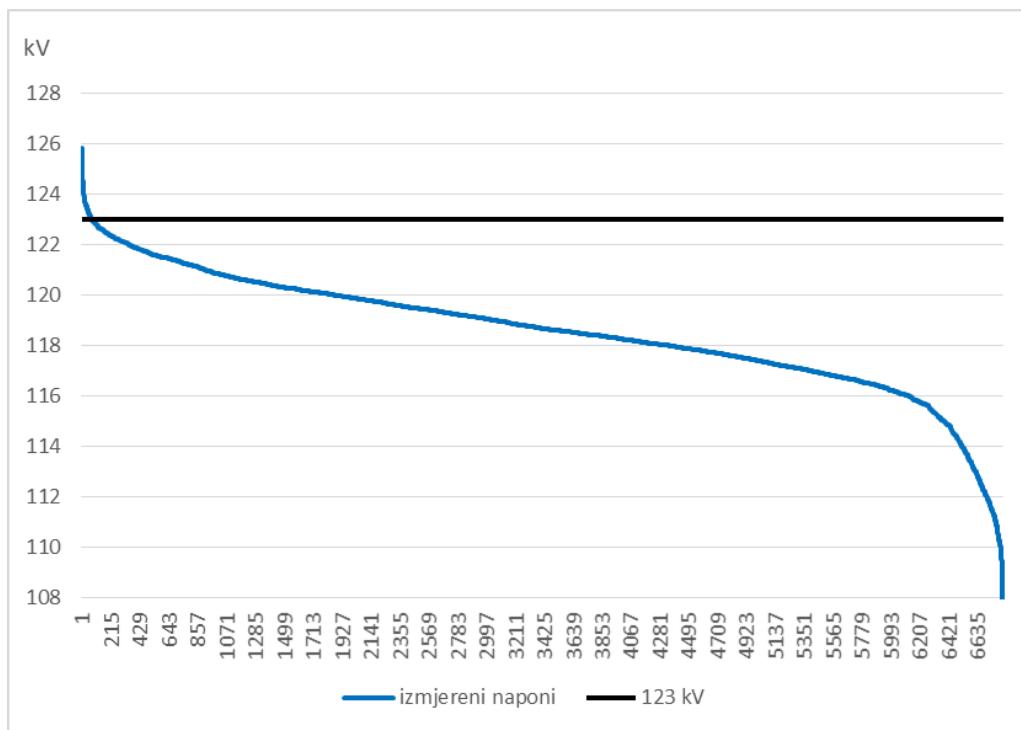


*Slika 2.27. Dijagram trajanja promjene 400 kV napona u TS Banja Luka, tokom 2020. godine*

Na sabirnicama 110 kV maksimalni napon je iznosio 125,83 kV, a izmjereno je u subotu 2.5.2020. u 07:00 h. Zabilježeno je ukupno 73 sata rada ove TS pri nedozvoljenim naponima, što se može vidjeti na slikama 2.28. i 2.29.



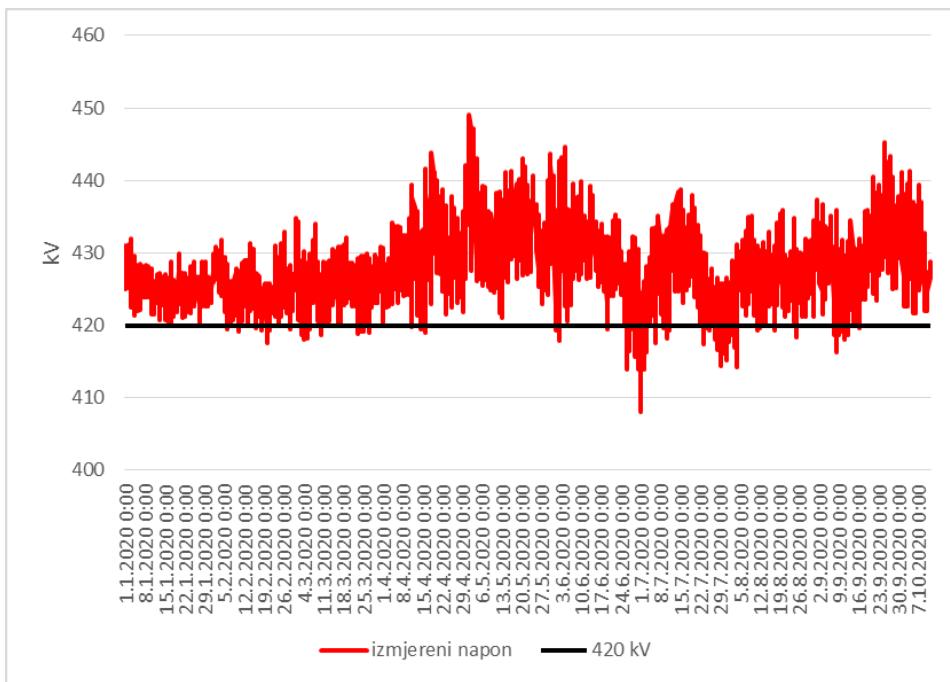
*Slika 2.28. Dijagram promjene 110 kV napona u TS Banja Luka, tokom 2020. godine*



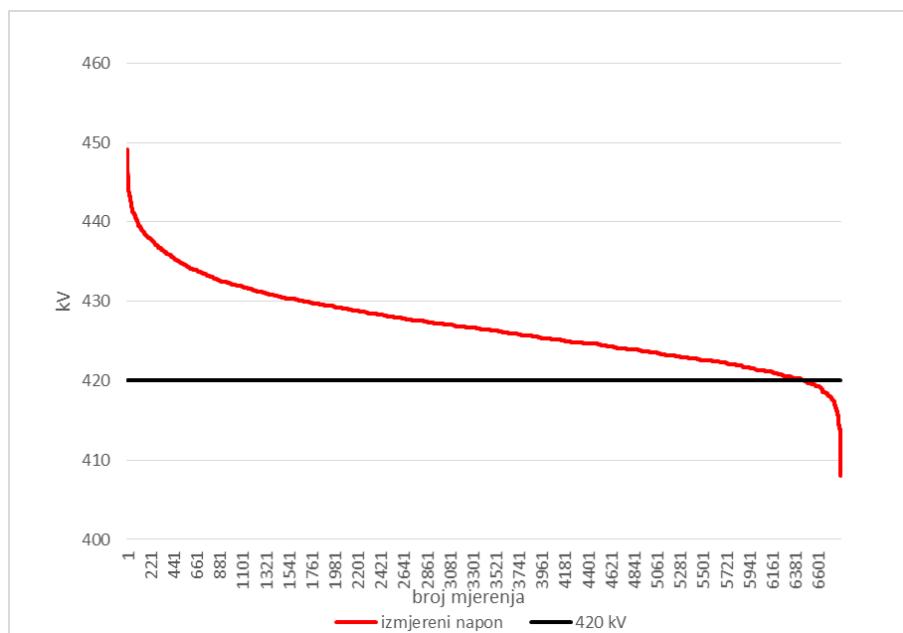
*Slika 2.29. Dijagram trajanja 110 kV napona u TS Banja Luka, tokom 2020. godine*

## 2.1.5 TS 400/220/110 kV Tuzla 4

Na Slici 2.30. su prikazani podaci o naponima bilježenim do 11. dana četvrtog kvartala 2020. godine. Maksimalno izmjereni napon na sabirnicama 400 kV u Tuzli 4 iznosio je 449,13 kV, a, kao i u većini transformatorskih stanica, zabilježen je za prvomajske praznike 2.5.2020., u 08:00 h. Na Slici 2.31. se vidi da je trajanje povišenog napona iznosilo 6474 sata, što predstavlja 95% posmatranog vremena.

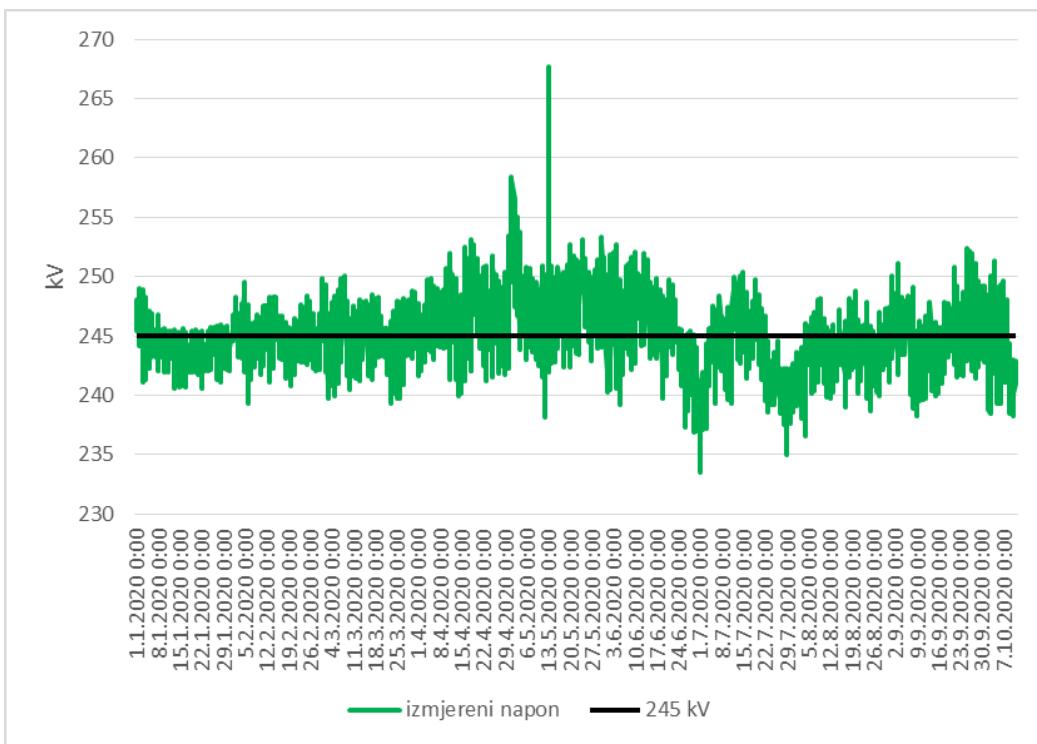


Slika 2.30. Dijagram promjene 400 kV napona u TS Tuzla 4, tokom 2020. godine

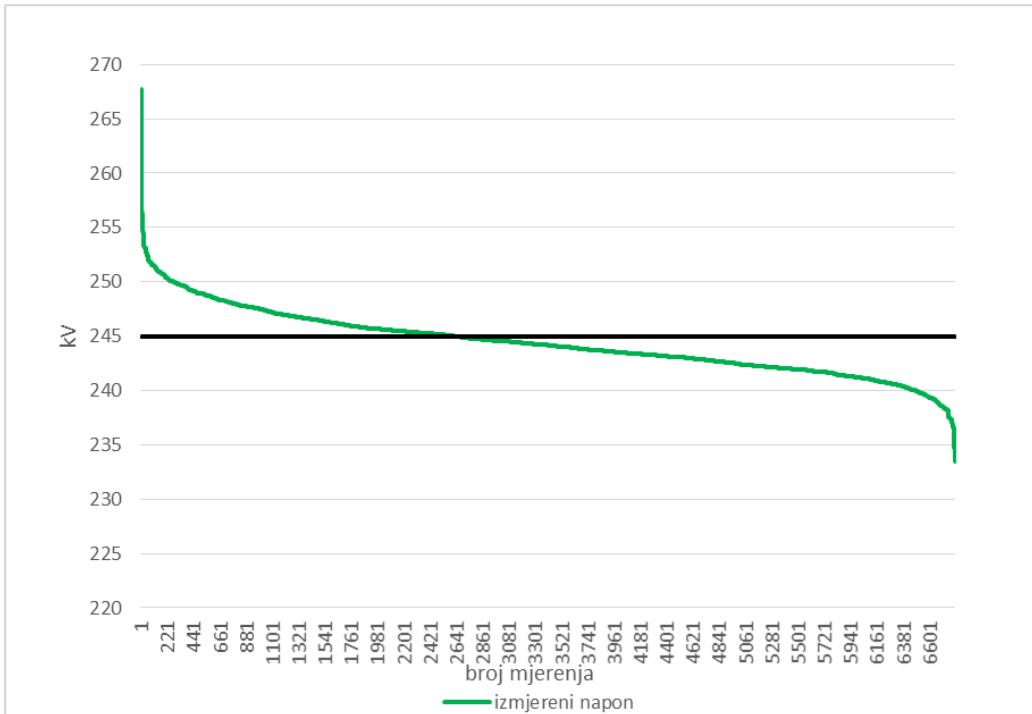


Slika 2.31. Dijagram trajanja 400 kV napona u TS Tuzla 4, tokom 2020. godine

Maksimalni izmjereni napon na 220 kV sabirnicama je bio 267,71 kV i zabilježen je 13.5.2020. godine u 13:00 h. U ovoj TS maksimalnu dozvoljenu vrijednost od 245 kV napon je prelazio 2638 sati, što je pokazano na slikama 2.32. i 2.33.

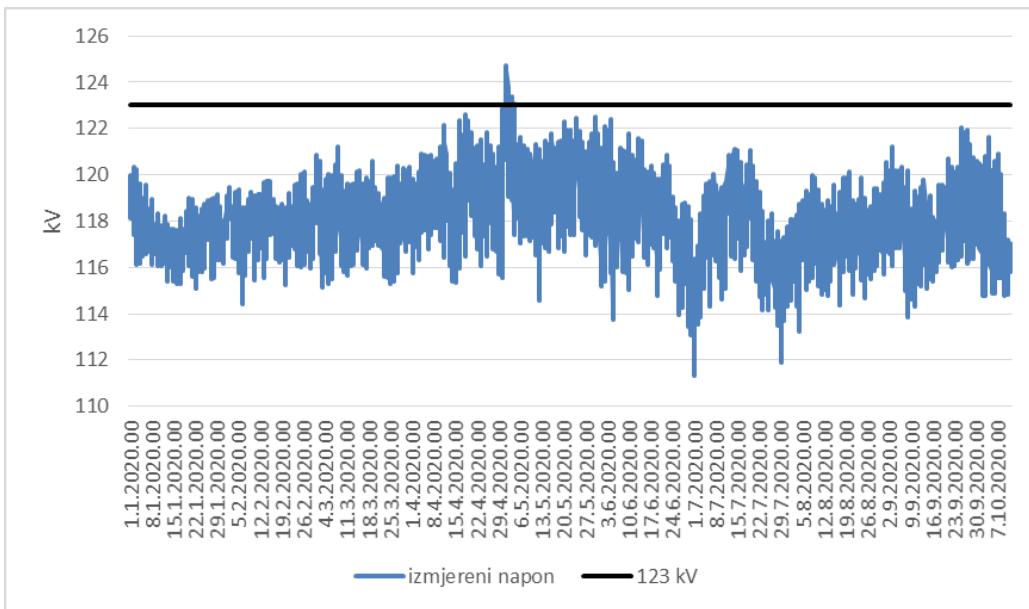


Slika 2.32. Dijagram promjene 220 kV napona u TS Tuzla 4, tokom 2020. godine

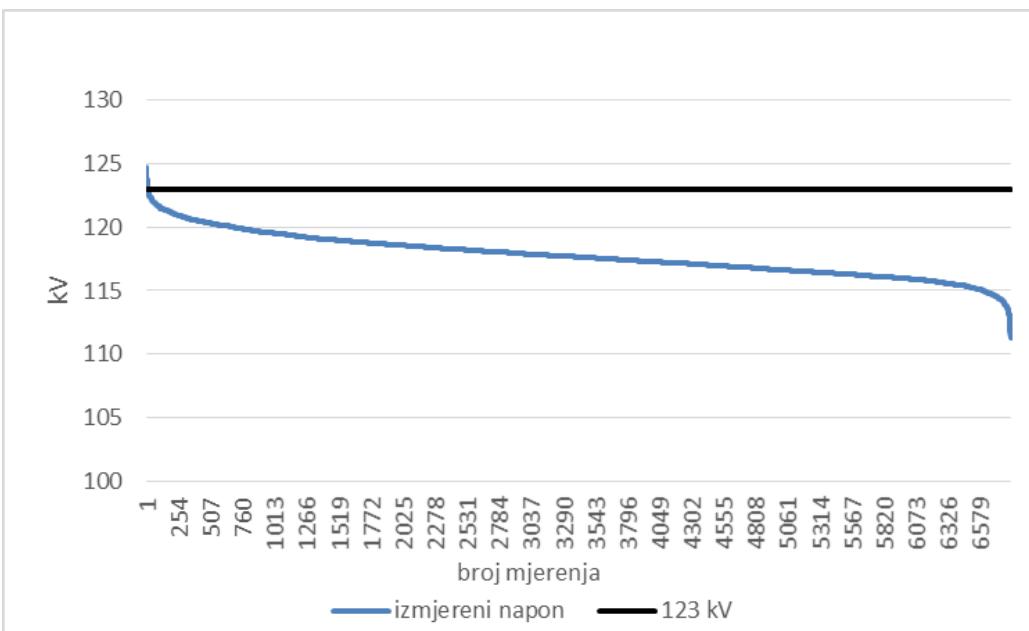


Slika 2.33. Dijagram trajanja 220 kV napona u TS Tuzla 4, tokom 2020. godine

Na 110 kV sabirnicama nisu zabilježena značajnija prekoračenja dozvoljene naponske granice (14 sati), a maksimalni zabilježeni napon je bio 124,74 kV dana 2.5.2020. u 07:00 h, što se može vidjeti na dijagramima 2.34. i 2.35. Povoljnije naponske prilike u mreži naponskog nivoa od 110 kV zasigurno je posljedica kvalitetnog podešenja prenosnog omjera i djelovanja regulacijskih transformatora 220/110 kV u posmatranoj TS.



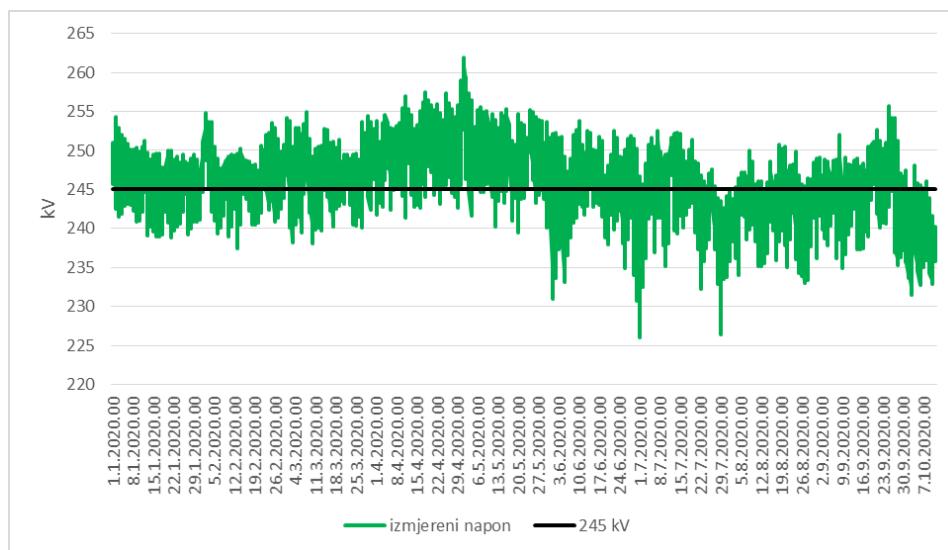
Slika 2.34. Dijagram promjene 110 kV napona u TS Tuzla 4, tokom 2020. godine



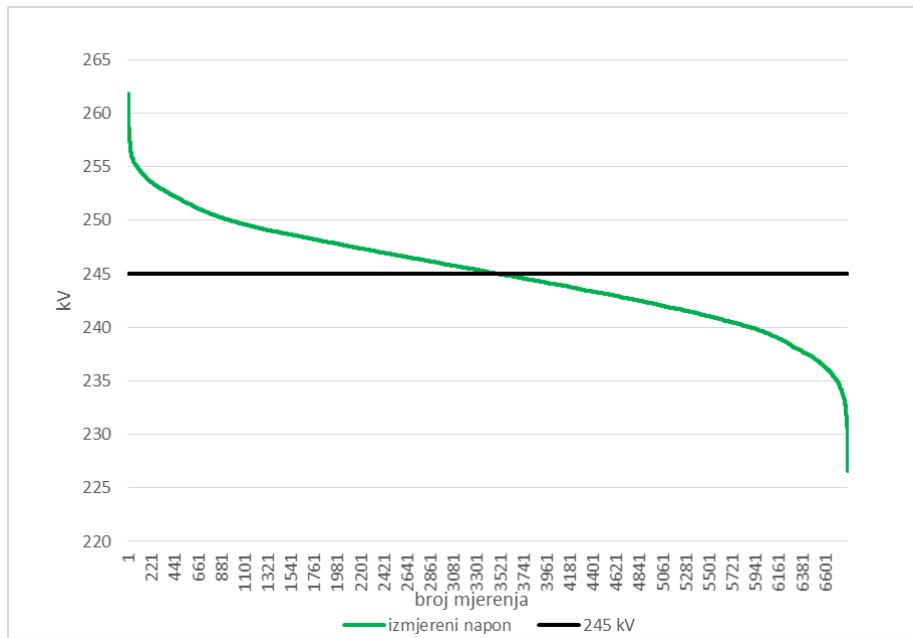
Slika 2.35. Dijagram trajanja 110 kV napona u TS Tuzla 4, tokom 2020. godine

## 2.1.6 TS 220/110 kV Prijedor 2

Veoma visoki 220 kV naponi, kao i vrijeme njihovog trajanja zabilježeni su i u TS Prijedor 2, a uzrokovani su dugačkim neopterećenim prenosnim vodovima, zbog kojih je produkcija reaktivne snage značajna. Ova TS je povezana sa dva dalekovoda na EES Hrvatske iz koje se, do ugradnje kompenzatorskih uređaja u njihovom EES-u, eksportovala reaktivna električna energija. Maksimalni 220 kV napon zabilježen je u subotu 2.5.2020. u 07:00 h, a iznosio je 261,86 kV. Naponi su dozvoljene vrijednosti prelazili ukupno 3501 sat, što je 51% posmatranog vremena, a prikazano je na slikama 2.36. i 2.37.

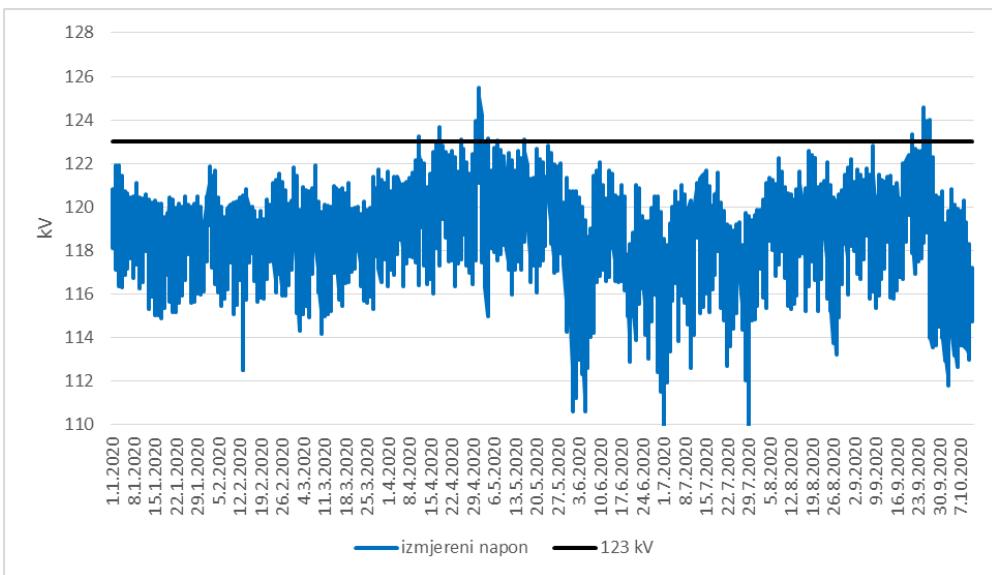


Slika 2.36. Dijagram promjene 220 kV napona u TS Prijedor 2, tokom 2020. godine

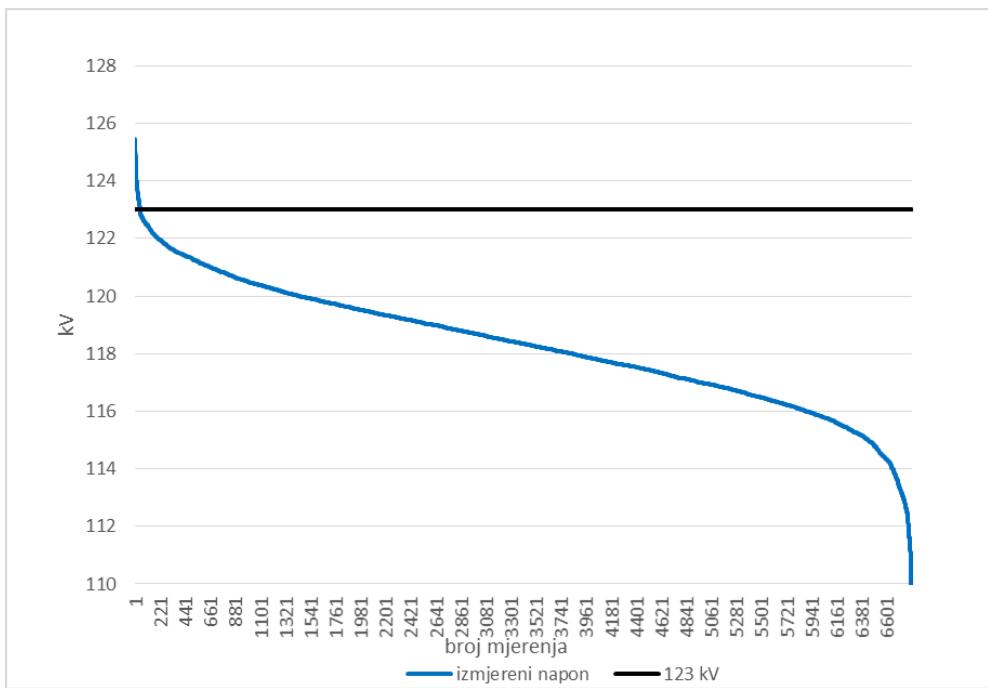


Slika 2.37. Dijagram trajanja 220 kV napona u TS Prijedor 2, tokom 2020. godine

Za TS Prijedor 2 se može zaključiti, da su zbog povišenih napona sabirnice 220 kV ugrožene, dok se 110 kV naponi održavaju djelovanjem regulacionih transformatora 220/110 kV u dozvoljenim granicama. Maksimalno zabilježeni napon na 110 kV nivou je iznosio 125,46 kV u subotu 2.5.2020. godine, u 7 sati, a vrijeme trajanja nedozvoljenih napona je bilo 46 sati, što je prikazano na slikama 2.38. i 2.39.



Slika 2.38. Dijagram promjene 110 kV napona u TS Prijedor 2, tokom 2020. godine



Slika 2.39. Dijagram trajanja 110 kV napona u TS Prijedor 2, tokom 2020. godine

Na osnovu prikazanih dijagrama zaključujemo da su sa aspekta pojave povišenih napona najviše ugrožene 400 kV sabirnice u TS Mostar 4, zatim slijede 400 kV sabirnice TS Tuzla 4 i

TS Trebinje. Takođe i na 220 kV sabirnicama najviše rada pri nedozvoljenim naponima je zabilježeno u TS Mostar 4, a zatim u TS Trebinje.

Posmatrajući pojedinačne naponske nivoe moguće je primijetiti da su najugroženija čvorišta 400 kV mreže, zatim slijede čvorišta 220 kV mreže, dok su čvorišta 110 kV mreže neugrožena ili blago ugrožena. To upućuje na osnovni uzrok problema, odnosno slabo opterećene 400 kV vodove koji generišu visoke iznose reaktivne snage te na povoljno djelovanje transformatora 400/220 kV, 400/110 kV i 220/110 kV, na 110 kV naponski nivo, bez obzira da li se radi o regulacijskim transformatorima ili transformatorima s mogućnošću promjene prenosnog omjera u beznaponskom stanju, koji spriječavaju širenje naponskog poremećaja u mrežu nižih naponskih nivoa.

U EES-u BiH samo četiri elektrane su priključene na naponski nivo 400 kV (TE Ugljevik, TE Gacko, TE Stanari i HE Višegrad), tako da su mogućnosti za angažovanje proizvodnih jedinica u svrhu regulacije napona i reaktivne snage na ovom naponskom nivou veoma ograničene.

### 3 ANALIZA UZROKA NASTANKA POVIŠENIH NAPONA

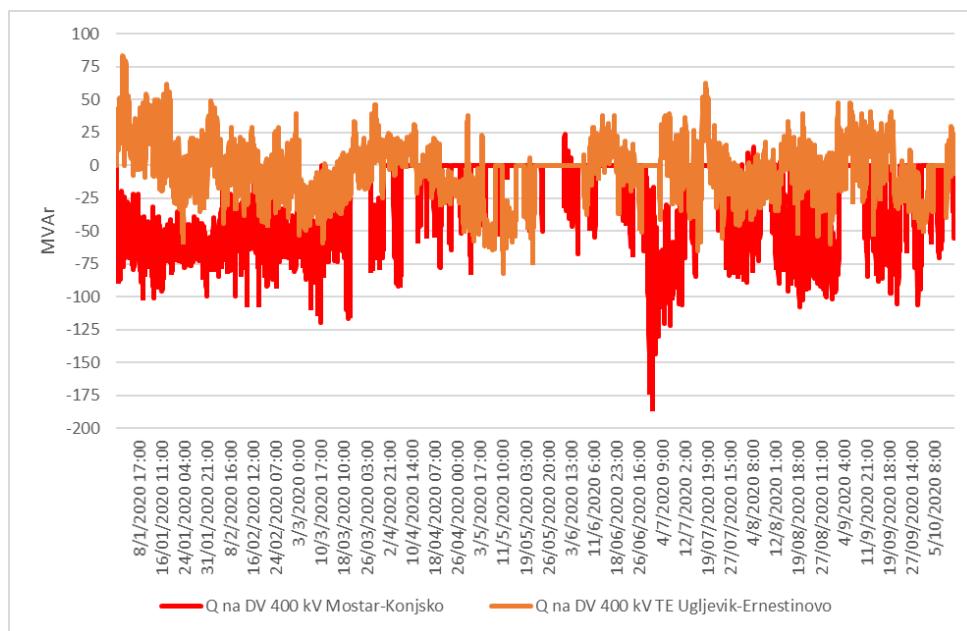
Posmatranjem dijagrama napona, utvrđeno je da se povećanje napona iznad dozvoljenih granica ne događa samo u noćnim satima, tokom praznika i vikenda, odnosno u režimima smanjenog opterećenja, nego tokom cijele godine. Minimalna satna potrošnja električne energije u BiH, za 9 mjeseci i 11 dana 2020. godine zabilježena je 25.5.2020. godine u 4 sata ujutro i iznosila je 605 MWh. Kako je navedeno, osnovni uzrok problema su slabo opterećeni 400 kV dalekovodi (DV), koji generišu visoke iznose reaktivne snage. Sljedeći problem je prijem reaktivne snage tokom cijele godine na interkonektivnim dalekovodima 400 kV i 220 kV iz Hrvatske, kao i periodično nepovoljan uticaj iz EES-a Crne Gore koji diktira režim rada HVDC 400 kV kabla MONITA, (Lastva (Crna Gora) – Villanova (Italija)).

#### 3.1 Reaktivna snaga na interkonektivnim dalekovodima

Kako bi se ustanovio uticaj tokova reaktivne snage na interkonektivnim dalekovodima na naponske prilike u 400 kV i 220 kV mreži, preuzeti su podaci o srednjim satnim vrijednostima reaktivne snage za period od 1.1.2020. do 11.10.2020. godine. Ove vrijednosti su zabilježene preko sistema SCADA/EMS u Nezavisnom operatoru sistema u BiH, preuzimanjem podataka iz graničnih transformatorskih stanica i predstavljene su dijagramima promjene srednje satne reaktivne snage na svim 400 kV i 220 kV međudržavnim dalekovodima (BiH – Hrvatska, Crna Gora i Srbija).

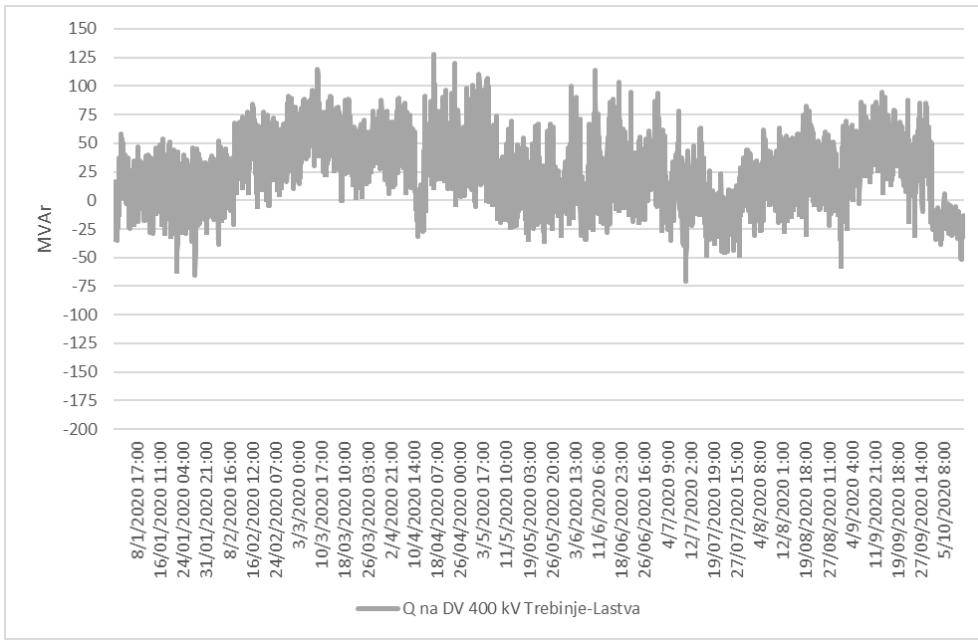
### 3.1.1 Reaktivna snaga na 400 kV interkonektivnim dalekovodima

Na Slici 3.1. prikazan je dijagram srednjih satnih vrijednosti reaktivne snage izmjerena na interkonektivnim dalekovodima sa Hrvatskom, 400 kV Mostar 4 – Konjsko i Ugljevik – Ernestinovo, u periodu od 9 mjeseci i 11 dana. Može se konstatovati da je BiH tokom cijelog mјerenog perioda primala reaktivnu energiju iz Hrvatske na DV 400 kV Mostar 4 – Konjsko (primanje u BiH sa predznakom minus), sa vrijednostima koje su prelazile i 175 MVAr. Preko DV 400 kV Ugljevik - Ernestinovo veći dio vremena EES BiH je takođe primao reaktivnu energiju iz Hrvatske, ali je, kako se može vidjeti sa slike, periodično i EES Hrvatske preuzimao reaktivnu energiju iz EES-a BiH.



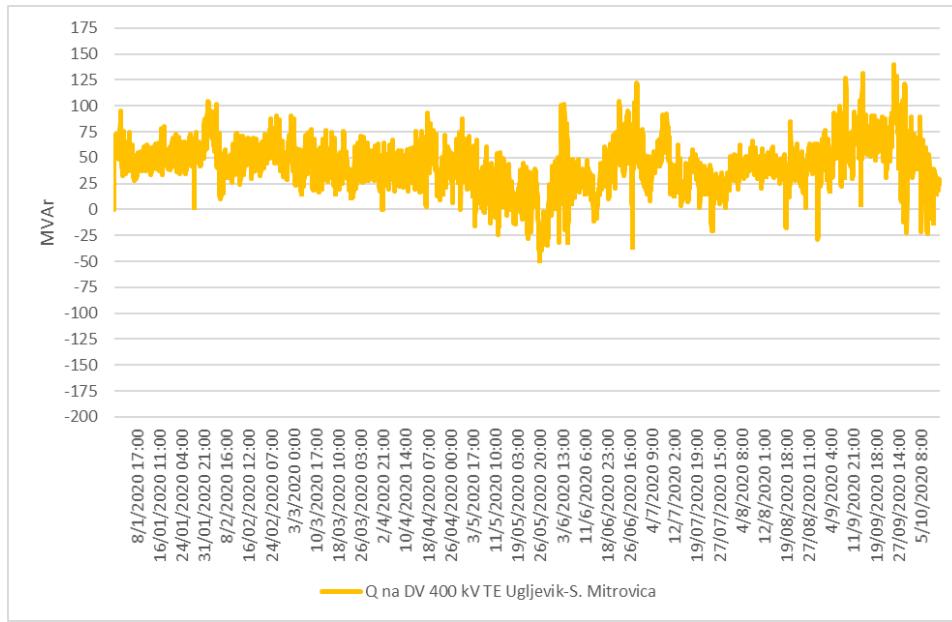
Slika 3.1. Srednja satna reaktivna snaga na interkonektivnim DV 400 kV sa Hrvatskom

Dijagram srednjih satnih vrijednosti reaktivne snage izmjerena na interkonektivnom dalekovodu sa Crnom Gorom, 400 kV Trebinje – Lastva, je prikazan na Slici 3.2, gdje se može vidjeti naizmjenično primanje i davanje reaktivne energije (period davanja duži u odnosu na period primanja), što zavisi od veličine i smjera aktivne snage na kablu 400 kV Lastva (Crna Gora) – Villanova (Italija), kao i opterećenosti DV 400 kV Podgorica – Elbasan (Albanija).



*Slika 3.2. Srednja satna reaktivna snaga na interkonektivnom DV 400 kV sa Crnom Gorom*

Na interkonektivnom dalekovodu sa Srbijom, DV 400 kV Ugljevik – S. Mitrovica, kako se može vidjeti na Slici 3.3., EES BiH je davao reaktivnu energiju gotovo cijeli mjereni period.

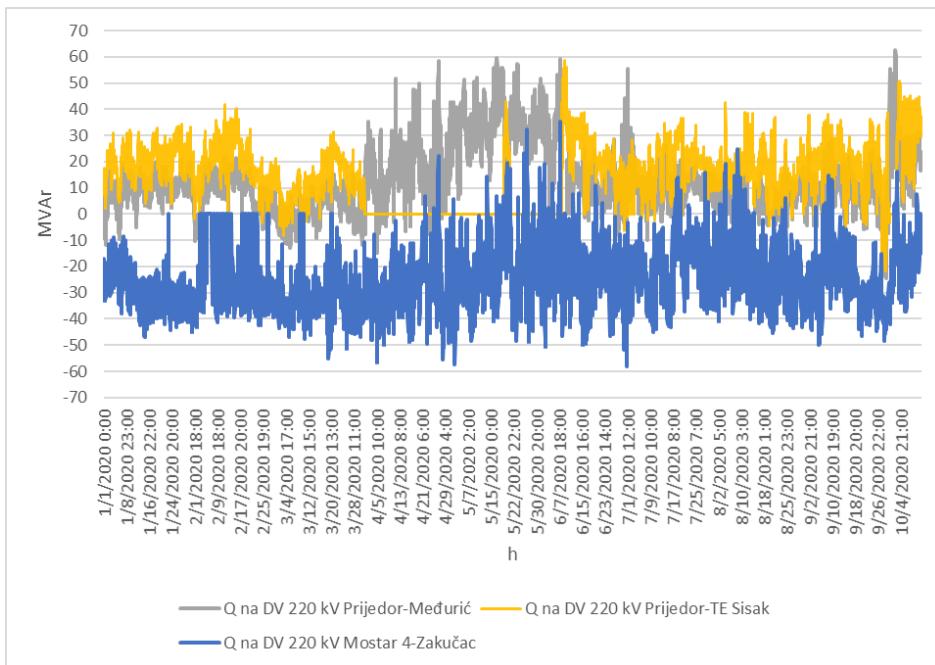


*Slika 3.3. Srednja satna reaktivna snaga na interkonektivnom DV 400 kV sa Srbijom*

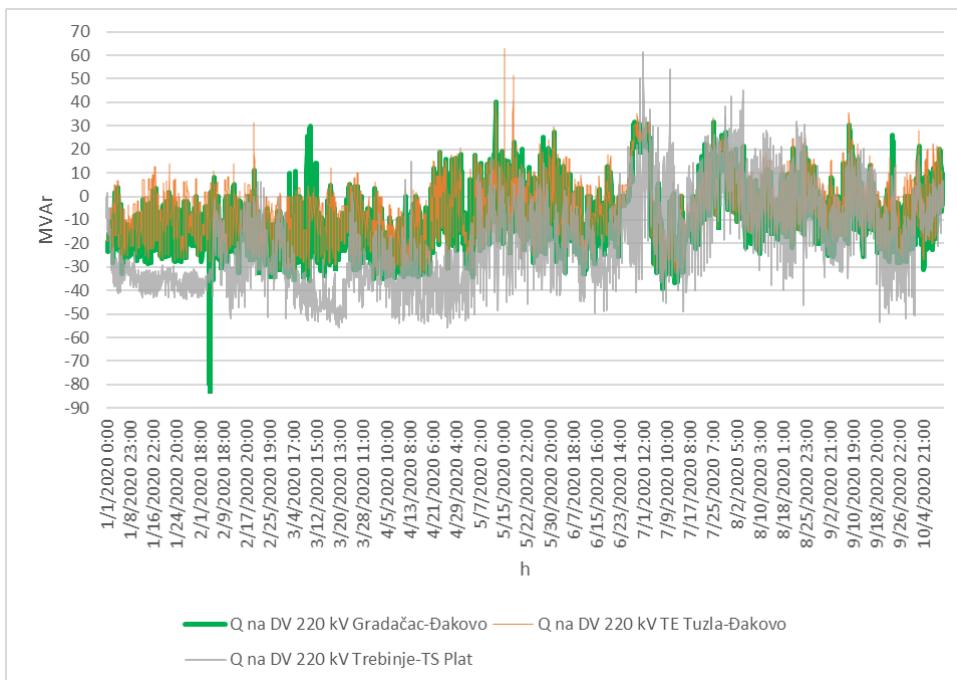
### 3.1.2 Reaktivna snaga na 220 kV interkonektivnim dalekovodima

Na slikama 3.4., 3.5., 3.6. i 3.7. prikazane su srednje satne reaktivne snage na interkonektivnim DV 220 kV sa Hrvatskom, Crnom Gorom i Srbijom. Sa slika se vidi da EES Hrvatske sumarno daje reaktivnu energiju u EES BiH, dok EES Crne Gore periodično

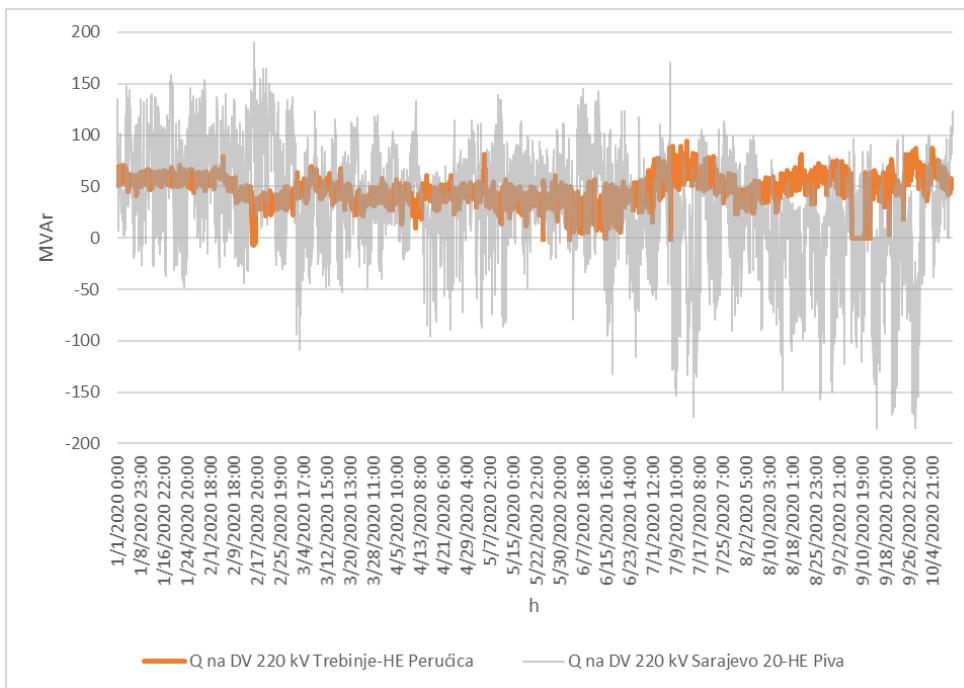
daje ili prima reaktivnu energiju u, odnosno, iz EES-a BiH preko DV 220 kV Sarajevo 20 – HE Piva, dok na DV 220 kV Trebinje – HE Perućica, BiH daje reaktivnu energiju, što je slučaj i na interkonektivnim DV Višegrad – Vardište, sa Srbijom.



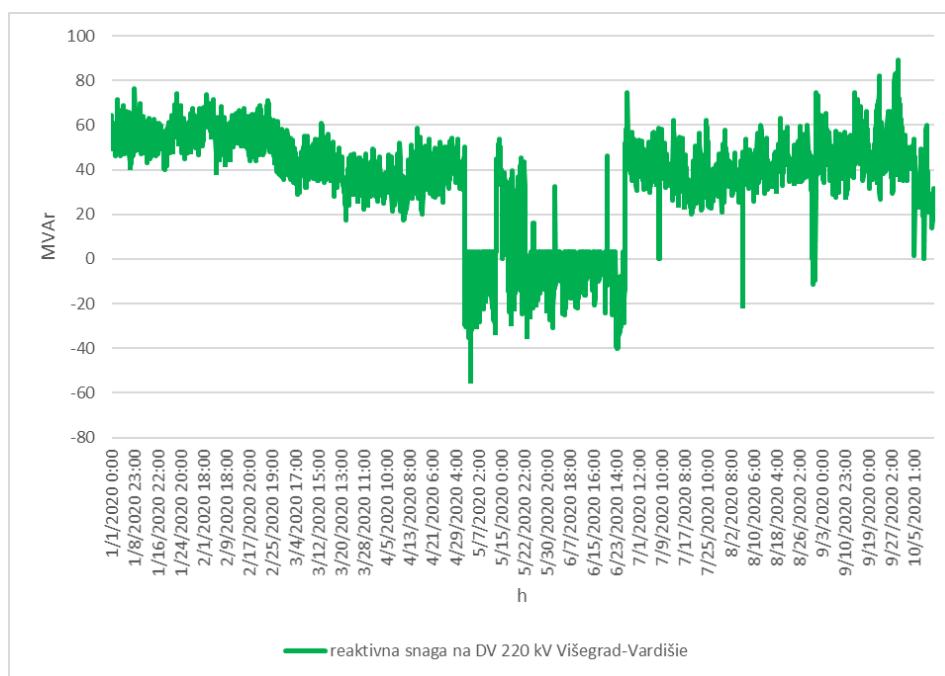
*Slika 3.4. Srednja satna reaktivna snaga na interkonektivnim DV 220 kV sa Hrvatskom*



*Slika 3.5. Srednja satna reaktivna snaga na interkonektivnim DV 220 kV sa Hrvatskom*



Slika 3.6. Srednja satna reaktivna snaga na interkonektivnim DV 220 kV sa Crnom Gorom



Slika 3.7. Srednja satna reaktivna snaga na interkonektivnom DV 220 kV sa Srbijom

## **4 SINHRONI KOMPENZATORSKI POTPOBUĐENI RAD CRPNE HIDROELEKTRANE ČAPLJINA**

### **4.1 CHE Čapljina**

Crpna hidroelektrana (CHE) Čapljina ima instalisanu snagu od 2x240 MVA, nominalna aktivna snaga generatora i raspoloživa snaga na pragu elektrane je 2x220 MW, sa faktorom snage  $\cos \varphi = 0,85g/095p$ . U CHE Čapljina su ugrađeni sinhroni hidrogeneratori s direktnim vodenim hlađenjem statorskog namota.

CHE Čapljina je projektovana i predviđena za sljedeće režime rada:

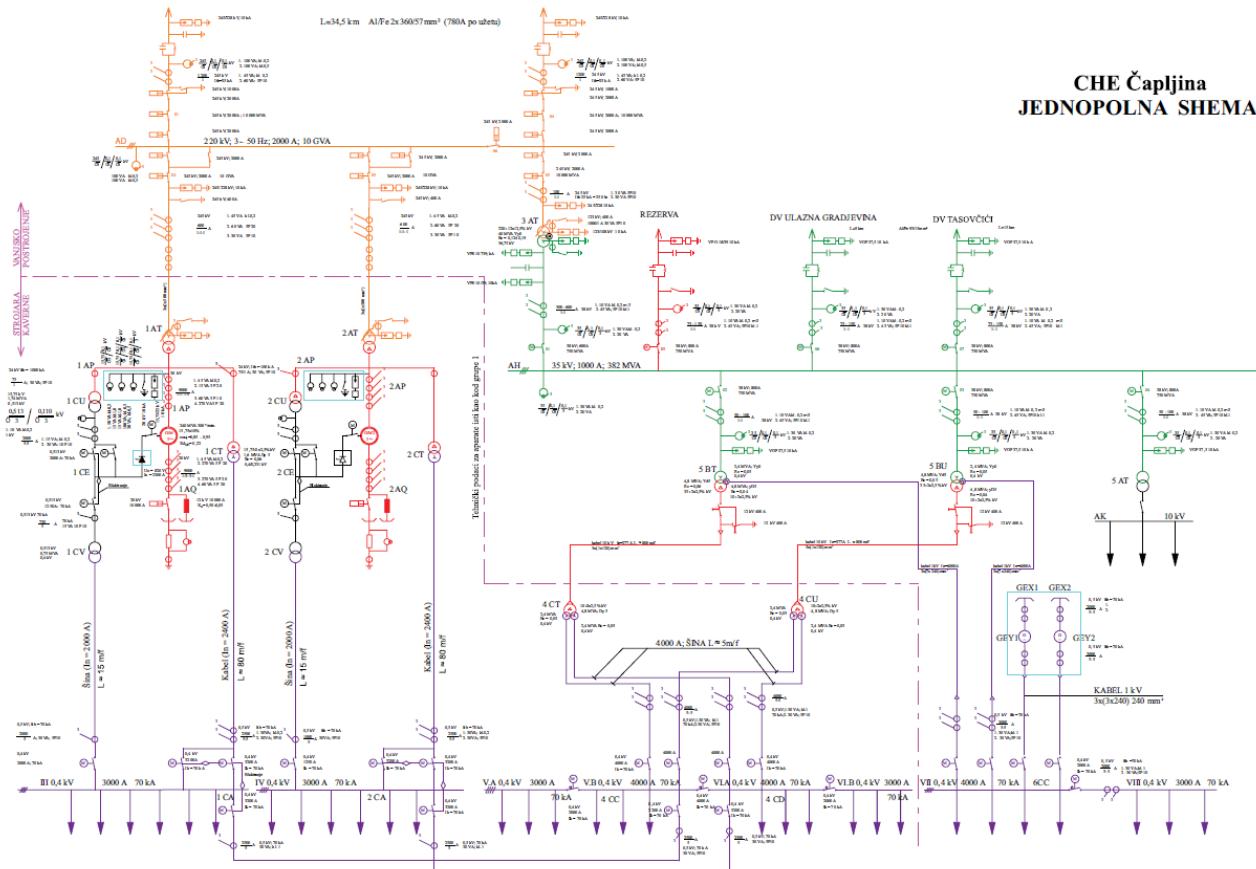
1. u suhom ljetnom i jesenjem razdoblju (cca 225 dana u godinim) za rad u noćnim satima (23:00-05:00) u pumpnom pogonu, a tokom dana kao elektrana vršne snage i energije u trajanju od 5-6 sati;
2. u zimskom i proljetnom periodu (cca 140 dana/god.) uz dovoljne dotoke u gornji bazen za generatorski rad u trajanju od 12-14 sati dnevno;
3. prema potrebama elektroenergetskog sistema za kompenzacijски rad, pri čemu može biti u natpobudi ili potpobudi  $\pm 150\div 160$  MVAr po mašini.

Između sinhronih motor-generatora i blok transformatora  $245\pm 15\% / 15,75$  kV, 240 MVA (sprega transformatora Ynd5), smještenih u proširenju prilaznog tunela, postavljene su oklopljene jednofazne sabirnice dužine 110 m. Izvodi visokog napona realizovani su uljnim jednožilnim kablovima 220 kV, položenim na policama u pristupnom tunelu do vanjskog razvodnog postrojenja 220 kV.

Vanjsko razvodno postrojenje (RP) 220 kV izgrađeno je uz pristupni tunel za strojarnicu, a u njemu je i transformator 220/36,75 kV, 40 MVA s razvodnim postrojenjem 35 kV za napajanje vlastite potrošnje.

Blok transformatori  $245/15,75$  kV prenosnog odnosa  $245\pm 12\sqrt{1,25\%} / 15,75$  kV imaju snagu od 240 MVA, sprege Ynd5. Neutralna 220 kV strana transformatora je direktno uzemljena. CHE Čapljina je, na naponskom nivou 220 kV, povezana na TS 400/220/110 kV Mostar 4 preko dva 220kV dalekovoda.

Na Slici 4.1. je prikazana jednopolna šema razvodnog postrojenja CHE Čapljina.



Slika 4.1. Jednopolna šema razvodnih postrojenja CHE Čapljina

Pri nazivnoj radnoj snazi u generatorskom režimu rada, CHE Čapljina može davati oko 120 MVAr induktivne i reaktivne kapacitivne snage uz nazivni napon generatora. U pumpnom režimu rada generator-motor može davati i primati oko 70 MVAr reaktivne snage pri nazivnoj radnoj snazi. Za niže nivoje radne snage mogućnost proizvodnje reaktivne snage se povećava u oba smjera (induktivni, kapacitivni dio), do iznosa od oko 160 MVAr po generatoru u potpobuđenom i natpobuđenom režimu rada pri nultoj proizvodnji radne snage (kompenzatorski rad).

Prema tome, ukupna mogućnost proizvodnje reaktivne snage u oba generatora CHE Čapljina pri nazivnom naponu na stezaljkama generatora kreće se unutar raspona 2x70 MVAr do 2x160 MVAr, u potpobuđenom i natpobuđenom režimu rada.

Elektromehaničke i regulacione karakteristike generatora-motora CHE Čapljina omogućavaju i čisto kompenzatorski (natpobuđeni ili potpobuđeni rad) u sva četiri kvadranta pogonske karte.

## 4.2 Test rada CHE Čapljine u kompenzatorskom režimu rada

Za potrebe ove studije izvršeno je testiranje rada CHE Čapljine u realnom vremenu, kao i uticaja drugih proizvodnih objekata i elemenata mreže, kako bi se na osnovu ostvarenih mjerena uradile analize uticaja kompenzatorskog potpobuđenog režima rada CHE Čapljina na naponske prilike u EES-u BiH, u cilju moguće valorizacije pružanja pomoćne usluge. Testiranje je vodjeno iz dispečerskog centra NOSBiH-a uz prethodno dogovorene manipulacije objektima i

elementima mreže sa Hrvatskim operatorom prijenosnog sustava (HOPS), Elektroprivredom Hrvatske zajednice Herceg Bosne (EP HZ HB), Elektroprivredom Republike Srpske (ERS) i Elektroprenosom BiH.

Budući da je problem visokih napona u EES-u BiH najizraženiji tokom noći, kako bi dobili što realniju sliku, testiranje rada CHE Čapljina izvođeno je u noćnim satima, od 01:00 do 05:00 h.

Prvobitno je bilo predviđeno da se održe dva testa u dva dana tako da bi prvi dan radila jedna mašina (generator G2), a naredni dan i dvije mašine u kompenzatorskom potpobuđenom režimu rada (preuzimanje reaktivne snage u iznosu od 2x160MVAr) minimalno 4 sata.

Međutim, zbog kvara na automatici generatora G1, nije bilo mogućnosti da se izvede testiranje obje mašine u kompenzatorskom režimu rada. Iz tog razloga, obavljeno je testiranje samo jednog agregata i to na sljedeći način:

- Test 1. Rad sa jednom mašinom u kompenzatorskom potpobuđenom režimu rada (preuzimanje reaktivne snage u iznosu od 160 MVAr), u periodu od 4 sata (od 01:00 do 05:00h), 17.11.2020. godine.
  - Ulaskom generatora G2 u CHE Čapljina u maksimalni kompenzatorski režim rada, TE Gacko je prilagodila rad tako da je radila sa  $c_{osp}=1$ , odnosno, proizvodnja tj. potrošnja reaktivne snage na mjestu priključenja na prenosnu mrežu iznosila je nula,  $Q = 0$ .
  - Nakon jednog sata kompenzatorskog režima rada CHE Čapljina, TE Gacko je prešlo u maksimalni potpobuđeni režim rada generatora preuzimajući c.ca 70 MVAr reaktivne snage iz prenosne mreže.
  - Početkom trećeg sata testa isključen je interkonektivni DV 400 kV Mostar 4 – Konjsko.
  - Nakon isteka četvrtog sata provođenja testa CHE Čapljina je izašla iz kompenzatorskog režima rada.

#### **4.2.1 Test 1. Rad CHE Čapljine u kompenzatorskom potpobuđenom režimu rada sa jednom mašinom**

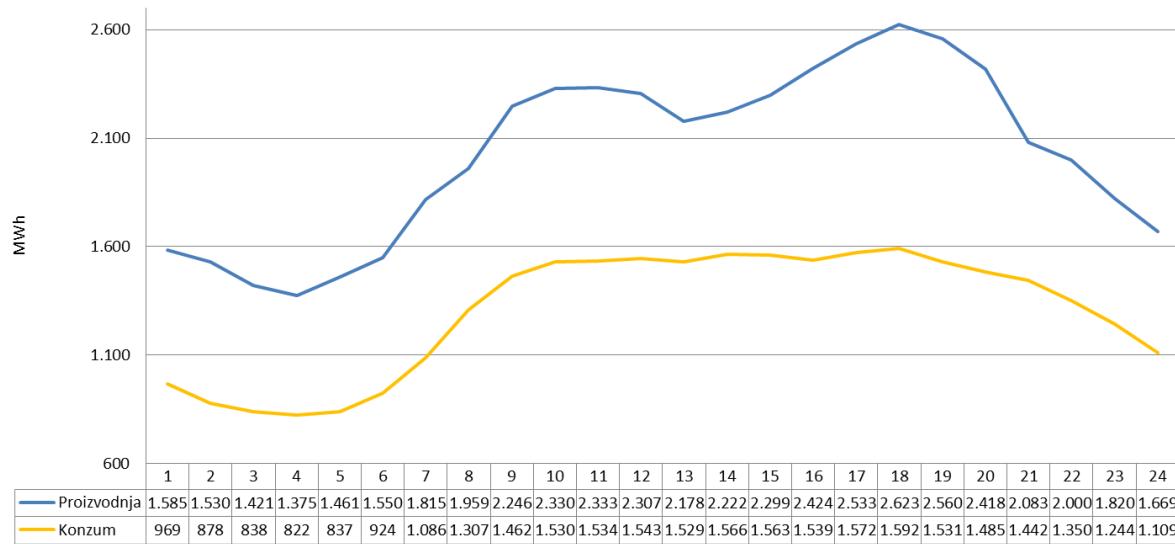
##### **4.2.1.1 Uslovi za održavanje testa**

Ukloplno stanje u EES-u BiH napravljeno je tako da su u pogonu bili svi elementi mreže koje DC NOSBiH-a isključuje u cilju snižavanja napona u EES-a BiH.

Zbog praćenja uticaja rada ostalih generatora priključenih na EES BiH, odnosno zbog neposredne blizine CHE Čapljina, prilagođen je rad TE Gacko, tako da radi sa  $c_{osp}=1$ , odnosno, proizvodnja reaktivne snage na generatoru je bila nula ( $Q = 0$ ).

Dnevni dijagram potrošnje i proizvodnje u BiH sa srednjim satnim vrijednostima za dan 17.11.2020. godine, kada je vršeno testiranje je prikazan na Slici 4.2.

17.11.2020.



Slika 4.2. Dnevni dijagram proizvodnje i potrošnje u BiH za 17.11.2020. godine

#### 4.2.1.2 Vremenski raspored testa

Test 1. je održan 17.11.2020. godine u periodu od 01:00 do 05:00 h i to na sljedeći način:

- **Test 1a.** – 01:00 h, ulazak CHE Čapljina u kompenzatorski potpobuđeni režim rada,
- **Test 1b.** – 02:00 h, ulazak TE Gacko u maksimalni potpobuđeni režim rada
- **Test 1c.** – 03:00 h, isključenje DV 400 kV Mostar 4 – Konjsko,
- **Test 1d.** – 05:00 h, izlazak CHE Čapljina i TE Gacko iz potpobuđenog režima rada.

#### 4.2.1.3 Stanje u EES-u prije početka testa

Detaljan opis pogonskog stanja EES-a BiH za prvi sat rada (period od 00:00 do 01:00 h), neposredno pred provođenje testa kompenzatorskog rada CHE Čapljina, urađen je na bazi proračuna tokova snaga i naponskih prilika u EES-u BiH. Ovi proračuni omogućavaju prezentaciju relevantnih podataka: bilanse aktivnih i reaktivnih snaga, tokove snaga po interkonektivnim dalekovodima, opterećenja elemenata sistema, napone čvorišta. U tom smislu formiran je širi model koji uključuje EES BiH te elektroenergetske sisteme susjednih zemalja: Hrvatske, Srbije i Crne Gore.

Što se tiče EES-a BiH, koristi se kompletan model na naponskim nivoima 400 kV, 220 kV i 110 kV. Uklopno stanje, proizvodnja i potrošnja oblikovani su u skladu sa dnevnim izvještajem Službe za upravljanje sistemom u realnom vremenu, za prvi sat rada 17.11.2020. godine. Sa sistema SCADA obezbijeđeni su i snapshoot podaci modela EES-a Hrvatske i Srbije, za razmatrani period rada, na naponskim nivoima 400 kV, 220 kV i 110 kV, sa tačnim podacima o uklopnom stanju, proizvodnji, potrošnji i naponima čvorišta, a operator prenosnog sistema Crne gore (CGES) je poslao relevantne podatke o razmjeni po interkonektivnim DV i naponima čvorišta.

Uklopljeno stanje, tokovi snaga i naponske prilike na 400 i 220 kV prenosnoj mreži EES-a BiH prikazani su u nastavku na slici 4.3, i 4.4.

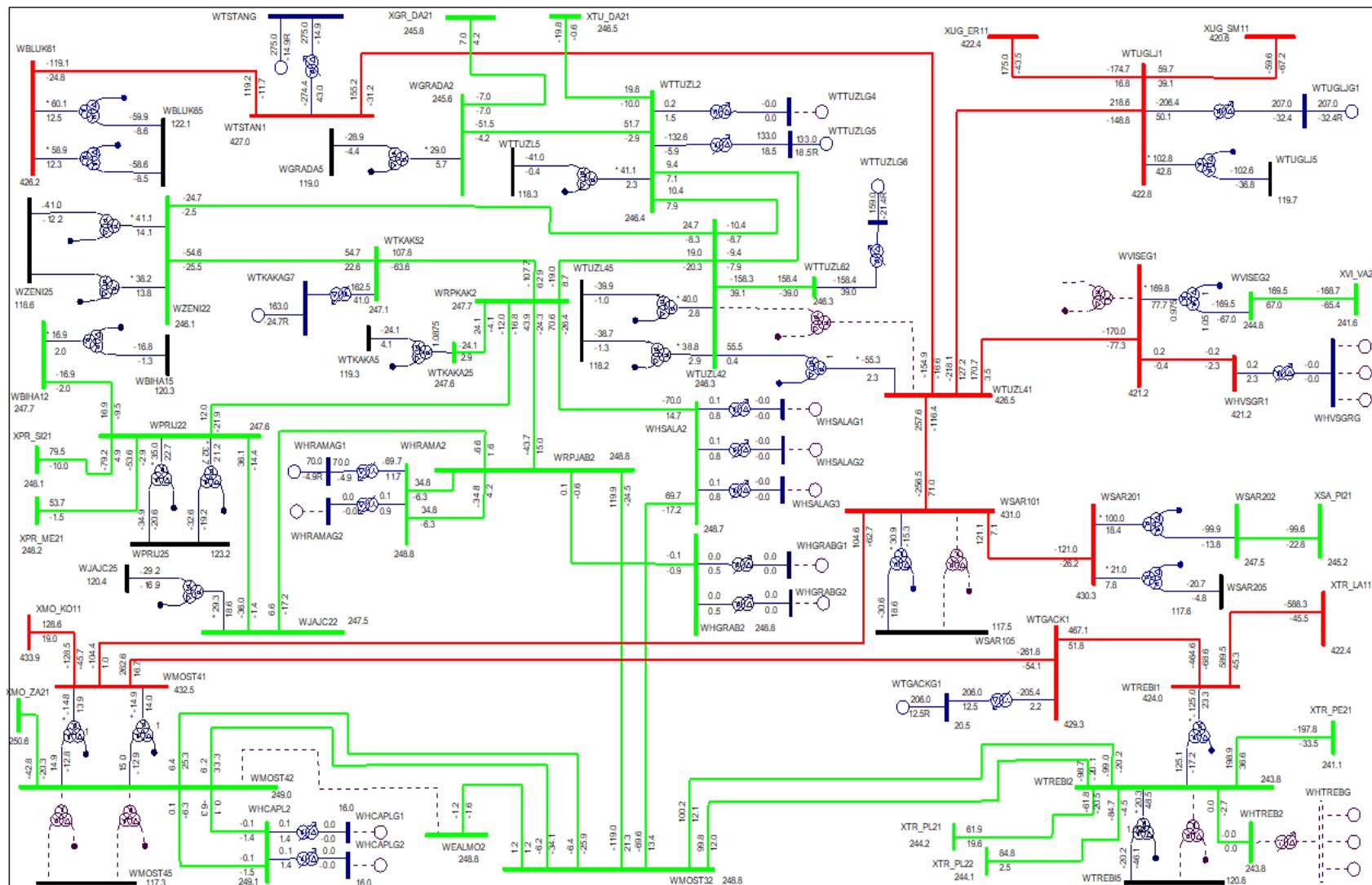
### BILANSI SNAGA EES-a BiH

EES BIH, KOMPENZATORSKI REZIM RADA CHE CAPLJINA 17.11.2020. PRVI SAT RADA EES BIH								AREA TOTALS IN MW/MVAR			NET INTERCHANGE		
X-- AREA --X	FROM -----AT AREA BUSSES-----	TO	TO BUS SHUNT	GNE BUS DEVICES	TO LINE SHUNT	FROM CHARGING	TO LOSSES	TO TIE LINES	TO TIES + LOADS				
13 BA	1591.0 -6.4	0.0 0.0	0.0 210.2	969.0 0.0	0.0 0.0	14.5 145.1	0.0 964.6	29.3 321.1	578.2 281.9	578.2 281.9			
COLUMN TOTALS	1591.0 -6.4	0.0 0.0	0.0 210.2	969.0 0.0	0.0 0.0	14.5 145.1	0.0 964.6	29.3 321.1	578.2 281.9	578.2 281.9			

Proizvodnja je prikazana na pragu elektrana, tj. na mreži prenosa.

### TOKOVI PO INTERKONEKTIVnim DV EES BiH

PTI INTERACTIVE POWER SYSTEM SIMULATOR--PSS(R)E				MON, DEC 21 2020 15:17							
EES BIH, KOMPENZATORSKI REZIM RADA CHE CAPLJINA 17.11.2020. PRVI SAT RADA EES BIH				AREA TIE LINE INTERCHANGE							
<b>TO AREA 138 BA - HR</b>											
<b>X---- FROM AREA BUS ----X      X---- TO AREA BUS ----X</b>											
BUS#	X-- NAME --X BASKV	BUS#	X-- NAME --X BASKV	CKT	MW	MVAR					
130130 WTUGLJ1	400.00	13102 XUG_ER11	400.00*	1	-174.8	40.6					
130205 WPRIJ22	220.00	13202 XPR_ME21	220.00*	1	-53.7	1.6					
130205 WPRIJ22	220.00	13203 XPR_SI21	220.00*	1	-79.5	10.0					
130215 WTREBI2	220.00	13205 XTR_PL21	220.00*	1	-61.9	-19.7					
131000 WBBROD5	110.00	13504 XBR_SL51	110.00*	1	-15.4	1.6					
131345 WTREBI5	110.00	13511 XTR_KO51	110.00*	1	-37.5	24.0					
133205 WGRADA2	220.00	13201 XGR_DA21	220.00*	1	-7.0	-4.3					
133240 WTTUZL2	220.00	13207 XTU_DA21	220.00*	1	19.8	0.5					
134185 WKVAKU5	110.00	13507 XKV_GR51	110.00*	1	-13.8	16.9					
137100 WMOST41	400.00	13101 XMO_KO11	400.00*	1	-128.6	-19.3					
137225 WMOST42	220.00	13204 XMO_ZA21	220.00*	1	-43.0	-13.1					
138015 WCAPLJ5	110.00	13505 XCA_OP51	110.00*	1	-12.5	-2.0					
138035 WGRAHO5	110.00	13503 XGR_KN51	110.00*	1	6.4	4.9					
138040 WGRUDE5	110.00	13506 XGR_IM51	110.00*	2	-11.7	2.4					
138090 WLIVNO5	110.00*	13520 XBB_LT51	110.00	1	-14.6	-1.2					
138100 WLJUBU5	110.00	13512 XVR_LJ51	110.00*	1	-8.0	-1.0					
138140 WNEUM 5	110.00	13508 XNE_OP51	110.00*	1	21.0	3.7					
138140 WNEUM 5	110.00	13509 XNE_ST51	110.00*	1	-22.2	-3.9					
138155 WORASJ5	110.00	13510 XOR_ZU51	110.00*	1	-26.1	-2.6					
TOTAL FROM AREA 13 TO AREA 138					-663.2	39.0					
<b>TO AREA 1338 BA - ME</b>											
<b>X---- FROM AREA BUS ----X      X---- TO AREA BUS ----X</b>											
BUS#	X-- NAME --X BASKV	BUS#	X-- NAME --X BASKV	CKT	MW	MVAR					
130120 WTREBI1	400.00	13110 XTR_LA11	400.00*	1	588.3	45.5					
130210 WSAR202	220.00	13221 XSA_PI21	220.00*	1	99.5	22.7					
130215 WTREBI2	220.00	13222 XTR_PE21	220.00*	1	197.8	33.5					
131005 WBILEC5	110.00	13521 XBI_NI51	110.00*	1	45.8	6.5					
131345 WTREBI5	110.00	13522 XTR_HN51	110.00*	1	16.5	4.1					
TOTAL FROM AREA 13 TO AREA 1338					947.8	112.3					



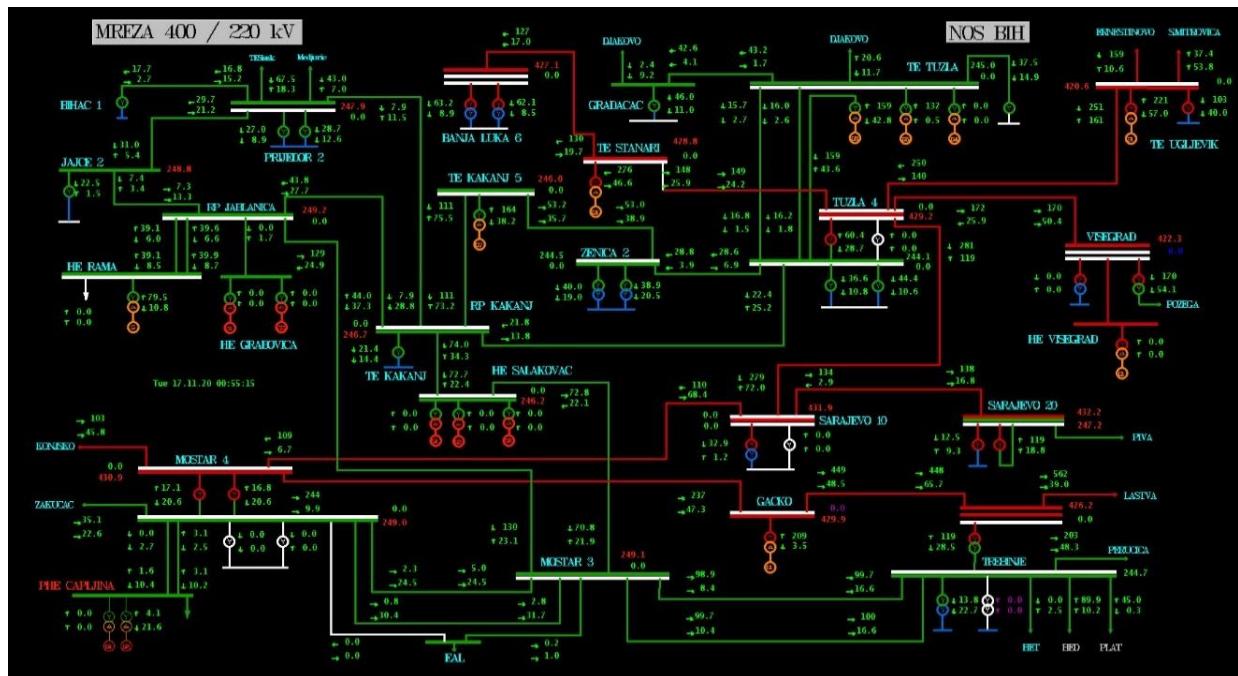
EES BIH, KOMPENZATORSKI REZIM RADA CHE CAPLJINA  
17.11.2020. PRVI SAT RADA EES BIH  
SUN, DEC 20 2020 17:40

EES BIH / 400 i 220 kV

Slika 4.3. Ukolno stanje, tokovi snaga i naponske prilike u EES-u BiH, 17.11.2020. godine za prvi sat rada sistema, od 00:00 do 01:00 h

TO AREA 1346 BA - RS		X---- FROM AREA BUS ----X		X----- TO AREA BUS -----X				
BUS#	X-- NAME --X	BASKV	BUS#	X-- NAME --X	BASKV	CKT	MW	MVAR
130130	WTUGLJ1	400.00	13131	XUG_SM11	400.00*	1	59.7	64.1
130220	WVISSEG2	220.00	13231	XVI_VA21	220.00*	1	168.7	65.0
131025	WBJEL45	110.00	13531	XBI_LE51	110.00*	1	31.1	5.5
131380	WZVORN5	110.00	13533	XZV_BI51	110.00*	1	34.2	-4.1
TOTAL FROM AREA		13 TO AREA 1346					293.6	130.6
TOTAL FROM AREA		13 BA					578.2	281.9

Izračunate vrijednosti tokova snaga po interkonektivnim DV odgovaraju stvarnim tokovima, a izračunate vrijednosti napona u čvorištima sistema su skoro identične vrijednostima napona u podacima sa SCADA sistema NOSBiH-a, što potvrđuje validnost modela i rezultata proračuna.



Slika 4.4. Uklopljeno stanje, tokovi snaga i naponske prilike u EES-u BiH, 17.11.2020. godine u 00:55 h, neposredno prije početka testa (snapshot sa SCADA/EMS sistema NOSBiH-a)

## **OPTEREĆENJE ELEMENATA EES-a BiH**

PTI INTERACTIVE POWER SYSTEM SIMULATOR--PSS(R) E      MON, DEC 21 2020 15:20  
EES BIH, KOMPENZATORSKI REZIM RADA CHE CAPLJINA  
17.11.2020. PRVI SAT RADA EES BIH  
OUTPUT FOR AREA 13 [BA ]  
SUBSYSTEM LOADING CHECK (INCLUDED: LINES; BREAKERS AND SWITCHES; TRANSFORMERS) (EXCLUDED: NONE)  
LOADINGS ABOVE 15.0 % OF RATING SET A (MVA FOR TRANSFORMERS. CURRENT FOR NON-TRANSFORMER BRANCHES):

FROM BUS				TO BUS								
BUS#	NAME	BASKV	AREA	BUS#	NAME	BASKV	AREA	CKT	LOADING	RATING	PERCENT	
13110	XTR_LA11	400.00*	1338	130120	WTREBI1	400.00	13	1	558.7	1330.0	42.0	
130100	WBLUK61	400.00*	13	3WNDR		WND 1	13	1	61.5	300.0	20.5	
130100	WBLUK61	400.00*	13	3WNDR		WND 1	13	2	60.3	300.0	20.1	
130110	WSAR201	400.00*	13	3WNDR		WND 1	13	1	101.7	400.0	25.4	
130115	WTGACK1	400.00	13	130120	WTREBI1	400.00*	13	1	443.0	1330.0	33.3	
130115	WTGACK1	400.00	13	132031	WTGACKG1	20.000*	13	1	206.4	450.0	45.9	
130115	WTGACK1	400.00*	13	137100	WMOST41	400.00	13	1	249.0	1330.0	18.7	
130120	WTREBI1	400.00*	13	3WNDR		WND 1	13	1	127.1	400.0	31.8	
130125	WTSTAN1	400.00*	13	132081	WTSTANG	20.000	13	1	276.9	370.0	74.8	
130130	WTUGLJ1	400.00*	13	132041	WTUGLJG1	20.000	13	1	215.9	400.0	54.0	

130130 WTUGLJ1	400.00*	13	133120	WTUZL41	400.00	13	1	253.7	1330.0	19.1
130130 WTUGLJ1	400.00*	13	3WNDTR		WND 1	13	1	111.0	300.0	37.0
130135 WVISEG1	400.00*	13	3WNDTR		WND 1	13	2	186.5	400.0	46.6
133105 WSAR101	400.00	13	133120	WTUZL41	400.00*	13	1	265.5	1330.0	20.0

OUTPUT FOR AREA 13 [BA ]  
SUBSYSTEM LOADING CHECK (INCLUDED: LINES; BREAKERS AND SWITCHES; TRANSFORMERS) (EXCLUDED: NONE)  
LOADINGS ABOVE 30.0 % OF RATING SET A (MVA FOR TRANSFORMERS, CURRENT FOR NON-TRANSFORMER BRANCHES):

X----- FROM BUS -----X X----- TO BUS -----X											
BUS#	X-- NAME	--X BASKV	AREA	BUS#	X-- NAME	--X BASKV	AREA	CKT	LOADING	RATING	PERCENT
13222 XTR PE21	220.00*	1338	130215	WTREBIZ2	220.00	13	1	183.0	301.0	60.8	
13231 XVI_VA21	220.00*	1346	130220	WVISEG2	220.00	13	1	164.6	301.0	54.7	
130215 WTREBIZ2	220.00*	13	137220	WMOST32	220.00	13	1	91.2	301.0	30.3	
130215 WTREBIZ2	220.00*	13	137220	WMOST32	220.00	13	2	90.9	301.0	30.2	
130215 WTREBIZ2	220.00*	13	3WNDTR		WND 2	13	1	126.3	400.0	31.6	
130215 WTREBIZ2	220.00*	13	3WNDTR		WND 1	13	2	52.6	150.0	35.0	
130220 WVISEG2	220.00*	13	3WNDTR		WND 2	13	2	182.1	400.0	45.5	
133220 WRPJAB2	220.00*	13	137220	WMOST32	220.00	13	1	108.2	301.0	35.9	
133225 WRPKAK2	220.00	13	133230	WTKAK52	220.00*	13	1	111.4	301.0	37.0	
133230 WTKAK52	220.00*	13	135037	WTKAKAG7	15.750	13	1	167.5	250.0	67.0	
133240 WTTUZL2	220.00	13	135045	WTTUZLG5	15.750*	13	1	134.1	240.0	55.9	
133245 WTTUZL62	220.00*	13	133250	WTTUZL42	220.00	13	1	145.7	365.5	39.9	
133245 WTTUZL62	220.00*	13	135046	WTTUZLG6	15.750	13	1	163.0	240.0	67.9	
137210 WHRAMA2	220.00*	13	139061	WHRAMAG1	15.650	13	1	70.7	90.0	78.6	

OUTPUT FOR AREA 13 [BA ]  
SUBSYSTEM LOADING CHECK (INCLUDED: LINES; BREAKERS AND SWITCHES; TRANSFORMERS) (EXCLUDED: NONE)  
LOADINGS ABOVE 30.0 % OF RATING SET A (MVA FOR TRANSFORMERS, CURRENT FOR NON-TRANSFORMER BRANCHES):

X----- FROM BUS -----X X----- TO BUS -----X											
BUS#	X-- NAME	--X BASKV	AREA	BUS#	X-- NAME	--X BASKV	AREA	CKT	LOADING	RATING	PERCENT
13511 XTR KO51	110.00*	138	131345	WTREBIS5	110.00	13	1	40.8	122.0	33.5	
13521 XBI_NI51	110.00*	1338	131005	WBILEC5	110.00	13	1	43.2	122.0	35.4	
131010 WBJEL15	110.00*	13	131015	WBJEL25	110.00	13	1	47.5	122.0	38.9	
131015 WBJEL25	110.00*	13	131355	WTUGLJ5	110.00	13	1	48.2	122.0	39.5	
131040 WBLUK15	110.00*	13	131065	WBLUK65	110.00	13	1	42.4	122.0	34.7	
131040 WBLUK15	110.00*	13	131065	WBLUK65	110.00	13	2	38.0	122.0	31.2	
131340 WTREB15	110.00*	13	131345	WTREBIS5	110.00	13	1	39.0	122.0	32.0	
131345 WTREB15	110.00*	13	3WNDTR		WND 2	13	2	50.3	150.0	33.5	
131355 WTUGLJ5	110.00	13	131380	WZVORN5	110.00*	13	1	43.1	122.0	35.3	
131355 WTUGLJ5	110.00*	13	3WNDTR		WND 2	13	1	108.6	300.0	36.2	
134075 WDORBI5	110.00*	13	134330	WTKAKA5	110.00	13	1	47.1	122.0	38.6	
134075 WDORBI5	110.00	13	134385	WVISOK5	110.00*	13	1	47.1	111.0	42.4	
134130 WHJABL5	110.00	13	135011	WHJABL1	6.3000*	13	1	22.7	36.0	63.2	
134130 WHJABL5	110.00	13	135012	WHJABL2	6.3000*	13	2	22.7	36.0	63.2	
134195 WLUKA15	110.00	13	136196	WLUKA1D2	35.000*	13	2	8.9	20.0	44.7	
134330 WTKAKA5	110.00	13	135035	WTKAKAG5	13.800*	13	1	82.5	147.5	55.9	
134330 WTKAKA5	110.00	13	135036	WTKAKAG6	13.800*	13	1	79.3	137.5	57.6	
138040 WGRUDE5	110.00	13	138060	WHMLIN5	110.00*	13	1	21.0	68.6	30.6	
138060 WHMLIN5	110.00	13	138160	WPOSUSS5	110.00*	13	1	21.1	68.6	30.8	
138065 WHMOS5	110.00	13	139051	WHMOSG1	10.500*	13	1	13.5	30.0	44.9	
138186 WGBRIS5	110.00*	13	139103	WWMESIG	20.000	13	1	14.4	40.0	35.9	
138186 WGBRIS5	110.00*	13	139103	WWMESIG	20.000	13	2	14.4	40.0	35.9	
138187 WJELOV5	110.00*	13	139902	WWJELOG	33.000	13	1	21.4	40.0	53.5	

#### BILANS SNAGA EES-a BiH PO ELEMENTIMA I NAPONSKIM NIVOIMA

X----- ACTUAL -----X X----- NOMINAL -----X				
	MW	MVAR	MW	MVAR
FROM GENERATION	1591.0	-6.4	1591.0	-6.4
FROM INDUCTION GENERATORS	0.0	0.0	0.0	0.0
TO CONSTANT POWER LOAD	969.0	210.2	969.0	210.2
TO CONSTANT CURRENT	0.0	0.0	0.0	0.0
TO CONSTANT ADMITTANCE	0.0	0.0	0.0	0.0
TO INDUCTION MOTORS	0.0	0.0	0.0	0.0
TO BUS SHUNT	0.0	0.0	0.0	0.0
TO FACTS DEVICE SHUNT	0.0	0.0	0.0	0.0
TO GNE BUS DEVICES	0.0	0.0	0.0	0.0

TO LINE SHUNT		14.5	145.1	12.3	123.4
FROM LINE CHARGING		0.0	964.6	0.0	819.7
<b>VOLTAGE LEVEL BRANCHES</b>					
400.0	14	8.13	82.21	0.0	0.0
220.0	45	8.27	61.15	0.8	9.7
110.0	260	10.21	50.80	2.2	21.9
42.0	9	0.00	0.00	0.2	1.6
35.0	150	0.06	0.93	3.6	35.6
33.0	1	0.04	1.08	0.0	0.1
30.0	2	0.00	0.00	0.1	0.1
20.0	51	1.01	54.96	1.9	16.8
15.8	5	0.99	41.17	0.9	9.2
15.7	2	0.00	0.00	0.3	2.9
15.6	2	0.16	5.87	0.2	1.8
14.4	1	0.19	7.66	0.0	0.0
13.8	5	0.14	10.23	0.4	4.8
10.5	14	0.05	1.73	0.5	3.9
10.0	155	0.00	0.00	3.3	34.4
6.3	9	0.08	3.25	0.2	1.5
6.0	4	0.00	0.00	0.1	0.7
TOTAL	729	29.32	321.06	14.5	145.1
					964.6

## PREGLED NAPONA

PTI INTERACTIVE POWER SYSTEM SIMULATOR--PSS(R)E      MON, DEC 21 2020 15:39  
 EES BIH, KOMPENZATORSKI REZIM RADA CHE CAPLJINA  
 17.11.2020. PRVI SAT RADA EES BIH

### BUSES WITH VOLTAGE GREATER THAN 1.0500:

BUS#	X--	NAME	--X	BASKV	AREA	V(PU)	V(KV)	BUS#	X--	NAME	--X	BASKV	AREA	V(PU)	V(KV)
130100	WBLUK61		400.00	13	1.0657	426.30		130105	WHVSGR1		400.00	13	1.0528	421.14	
130110	WSAR201		400.00	13	1.0756	430.25		130115	WTGACK1		400.00	13	1.0733	429.31	
130120	WTREBI1		400.00	13	1.0600	424.02		130125	WTSTAN1		400.00	13	1.0678	427.13	
130130	WTUGLJ1		400.00	13	1.0562	422.50		130135	WVISEG1		400.00	13	1.0528	421.14	
133105	WSAR101		400.00	13	1.0772	430.90		133120	WTUZL41		400.00	13	1.0659	426.36	
137100	WMOST41		400.00	13	1.0812	432.49									

### BUSES WITH VOLTAGE GREATER THAN 1.1000:

BUS#	X--	NAME	--X	BASKV	AREA	V(PU)	V(KV)	BUS#	X--	NAME	--X	BASKV	AREA	V(PU)	V(KV)
13206	XTR_PL22		220.00	13	1.1094	244.06		130200	WHTREB2		220.00	13	1.1081	243.79	
130205	WPRIJ22		220.00	13	1.1255	247.61		130210	WSAR202		220.00	13	1.1247	247.42	
130215	WTREBI2		220.00	13	1.1080	243.75		130220	WVISEG2		220.00	13	1.1126	244.77	
133200	WBIHA12		220.00	13	1.1258	247.67		133205	WGRADA2		220.00	13	1.1159	245.51	
133210	WHGRAB2		220.00	13	1.1309	248.79		133215	WHSALA2		220.00	13	1.1305	248.70	
133220	WRPJAB2		220.00	13	1.1309	248.80		133225	WRPKAK2		220.00	13	1.1256	247.63	
133230	WTKAK52		220.00	13	1.1232	247.11		133235	WTKAKA25		220.00	13	1.1255	247.62	
133240	WTTUZL2		220.00	13	1.1198	246.35		133245	WTTUZL62		220.00	13	1.1191	246.20	
133250	WTUZL42		220.00	13	1.1194	246.27		133255	WZENI22		220.00	13	1.1186	246.10	
137200	WEALMO2		220.00	13	1.1309	248.79		137205	WHCAPL2		220.00	13	1.1321	249.06	
137210	WHRAMA2		220.00	13	1.1310	248.83		137215	WJAJC22		220.00	13	1.1251	247.53	
137220	WMOST32		220.00	13	1.1309	248.80		137225	WMOST42		220.00	13	1.1316	248.95	
139955	HPLAT_22		220.00	13	1.1096	244.12									

### BUSES WITH VOLTAGE GREATER THAN 1.1000:

BUS#	X--	NAME	--X	BASKV	AREA	V(PU)	V(KV)	BUS#	X--	NAME	--X	BASKV	AREA	V(PU)	V(KV)
131050	WBLUK35		110.00	13	1.1028	121.30		131055	WBLUK45		110.00	13	1.1061	121.67	
131065	WBLUK65		110.00	13	1.1099	122.09		131100	WCELUL5		110.00	13	1.1197	123.17	
131130	WDUBIC5		110.00	13	1.1132	122.45		131160	WGRDS25		110.00	13	1.1010	121.11	
131225	WNGRAD5		110.00	13	1.1180	122.98		131240	WPRIJ15		110.00	13	1.1197	123.17	
131245	WPRIJ25		110.00	13	1.1202	123.23		131250	WPRIJ35		110.00	13	1.1181	122.99	
131255	WPRIJ55		110.00	13	1.1147	122.62		131265	WPRITT5		110.00	13	1.1182	123.00	
131385	WKTDUB5		110.00	13	1.1130	122.43		134175	WKLJUC5		110.00	13	1.1038	121.42	
134310	WSMOST5		110.00	13	1.1122	122.34									

Iz prikazanih podataka [7] uočava se slaba opterećenost dalekovoda. Najopterećeniji 400 kV dalekovod je DV 400 kV Trebinje – Lastva, u iznosu od 42 %. Na 220 kV naponskom nivou, najopterećeniji dalekovod je DV 220 kV Trebinje – Perućica, u iznosu 60,8 %. Ništa bolja situacija nije ni na 110 kV mreži. Osim 110 kV veze Visoko – EVP Dobrinje, gdje je opterećenost iznosila 42,4%, svi ostali DV 110 kV su bili opterećeni ispod 40%. Rezultat slabe opterećenosti DV i nedozvoljeno visokih vrijednosti napona (viših od dozvoljenih vrijednosti 420 kV, 245 kV, 123 kV) je veliki iznos kapacitivne snage punjenja u prenosnu mrežu, od 964,6 MVAr. Pri nazivnim naponima kapacitivna snaga punjenja bi bila nešto manja i iznosila bi 819,7 MVAr.

Pri ovakvim uslovima rada EES BiH izvozi, odnosno, u susjedne sisteme injektira reaktivnu snagu u ukupnom iznosu od 281,9 MVAr.

## EES HRVATSKE

### BILANSI SNAGA

PTI INTERACTIVE POWER SYSTEM SIMULATOR--PSS(R)E TUE, DEC 22 2020 9:45 CREATED BY NETVISION RAW CONVERTER FROM FILES: NDC_2020-11-1 AREA TOTALS , BEGIN BUS DATA										NET INTERCHANGE	
										TO TIE LINES	TO TIES + LOADS
X-- AREA	--X RATION	FROM GENERATN	TO IND MOTORS	TO LOAD	TO SHUNT	TO BUS DEVICES	TO LINE SHUNT	FROM CHARGING	TO LOSSES	TO TIE LINES	TO TIES + LOADS
8	HRVATSKA	1394.2 -374.8	0.0 0.0	0.0 -154.0	1418.5 319.8	0.0 0.0	2.5 0.0	0.0 1006.5	21.3 128.1	-48.2 337.7	-48.2 337.7
COLUMN TOTALS		1394.2 -374.8	0.0 0.0	0.0 -154.0	1418.5 319.8	0.0 0.0	2.5 0.0	0.0 1006.5	21.3 128.1	-48.2 337.7	-48.2 337.7

### PREGLED NAPONA

PTI INTERACTIVE POWER SYSTEM SIMULATOR--PSS(R)E TUE, DEC 22 2020 9:48  
CREATED BY NETVISION RAW CONVERTER FROM FILES: NDC\_2020-11-1  
, BEGIN BUS DATA

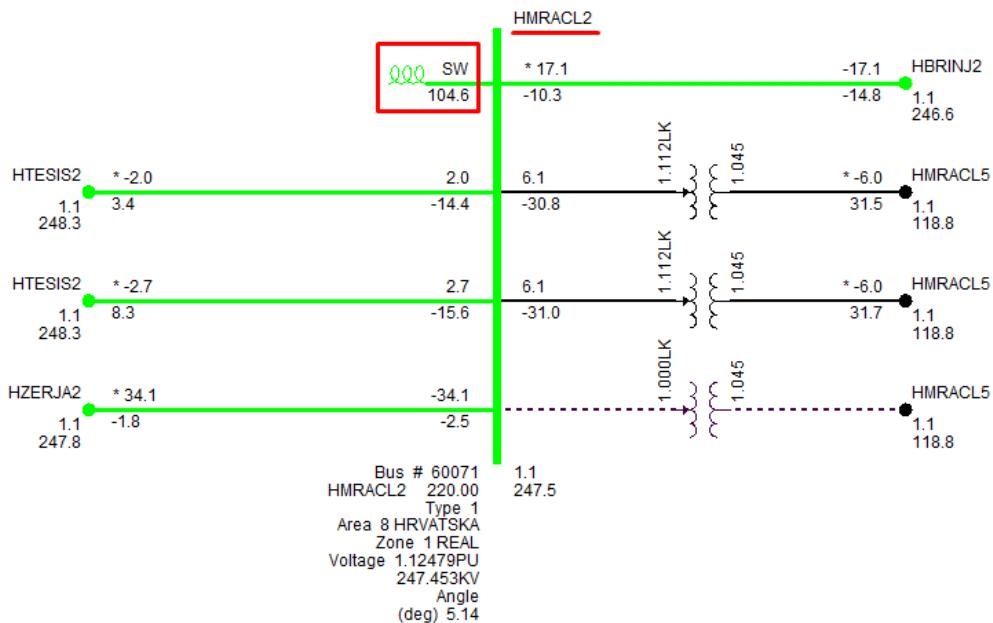
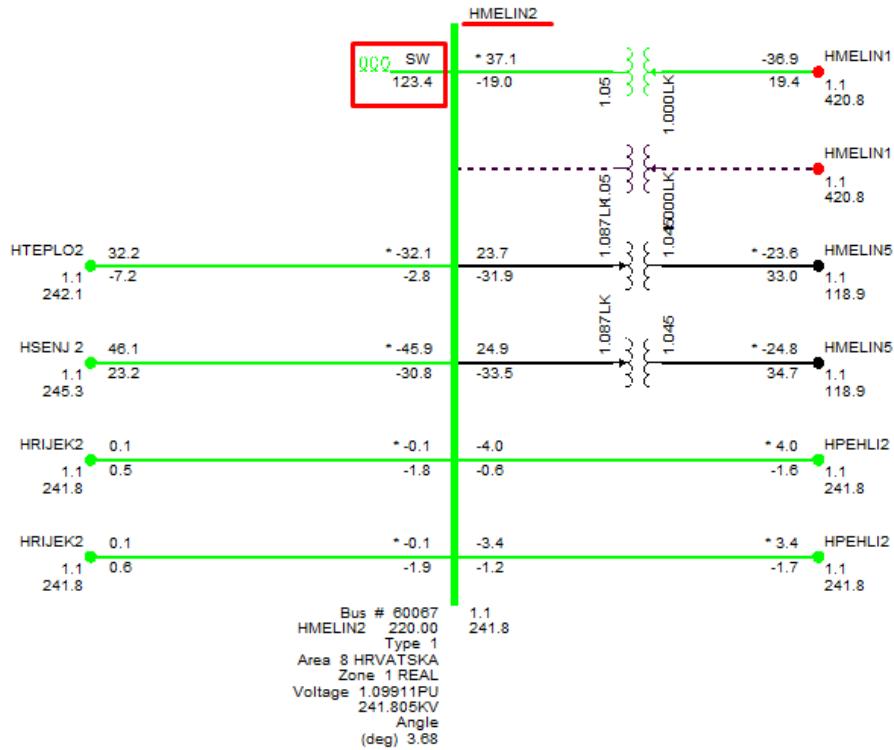
BUSES WITH VOLTAGE GREATER THAN 1.0500:

BUS# X-- NAME	--X BASKV	AREA	V(PU)	V(KV)	BUS# X-- NAME	--X BASKV	AREA	V(PU)	V(KV)
60032 HERNES1	400.00	8	1.0563	422.53	60049 HKONJS1	400.00	8	1.0892	435.69
60066 HMELIN1	400.00	8	1.0520	420.78	60129 HTUMBR1	400.00	8	1.0559	422.36
60132 HVELEB1	400.00	8	1.0776	431.03	60150 HZERJA1	400.00	8	1.0654	426.18

BUSES WITH VOLTAGE GREATER THAN 1.1000:

BUSES WITH VOLTAGE GREATER THAN 1.1000:

BUS# X-- NAME	--X BASKV	AREA	V(PU)	V(KV)	BUS# X-- NAME	--X BASKV	AREA	V(PU)	V(KV)
60002 HBILIC2	220.00	8	1.1505	253.11	60008 HBRINJ2	220.00	8	1.1210	246.61
60015 HDAKOV2	220.00	8	1.1135	244.96	60050 HKONJS2	220.00	8	1.1481	252.58
60064 HMEDUR2	220.00	8	1.1330	249.25	60071 HMRACL2	220.00	8	1.1248	247.45
60082 HORLOV2	220.00	8	1.1486	252.69	60109 HSENJ 2	220.00	8	1.1149	245.27
60145 HZAKUC2	220.00	8	1.1507	253.15	60151 HZERJA2	220.00	8	1.1262	247.76
60158 HTEPLO2	220.00	8	1.1003	242.06	60170 HTESIS2	220.00	8	1.1286	248.30
60199 HPLAT 2	220.00	8	1.1096	244.12	60214 HVEPAD2	220.00	8	1.1379	250.33



Pema snapshot podacima slična situacija je i u EES-u Hrvatske. U čvorišta 220 kV Meline i Mraclin uključeni su kompenzatorski uređaji (varijabilne prigušnice), međutim, naponi čvorišta u dijelu sistema ipak su iznad najviših dozvoljenih napona opreme (420 kV, 245 kV, 123 kV). EES Hrvatske u susjedne sisteme injektira reaktivnu snagu u ukupnom iznosu od 337,7 MVAr. I pored toga što je uključen kompenzatorski uređaj (varijabilna prigušnica) u čvoru Mraclin 220 kV, napon u ovoj TS iznosi 247,45 kV.

## EES SRBIJE

### BILANSI SNAGA

PTI INTERACTIVE POWER SYSTEM SIMULATOR--PSS(R)E								TUE, DEC 22 2020 10:05			
								AREA TOTALS IN MW/MVAR			
FROM -----AT AREA BUSES-----		TO						NET INTERCHANGE			
X-- AREA --X	GENE- RATION	FROM GENERATN	IND MOTORS	TO LOAD	TO SHUNT	BUS DEVICES	TO LINE SHUNT	FROM CHARGING	TO LOSSES	TO TIE LINES	TO TIES + LOADS
46 RS	4534.7 -264.6	0.0 0.0	0.0 0.0	4761.2 933.2	0.0 0.0	0.0 0.0	6.6 21.9	0.0 1480.1	96.6 717.5	-329.7 -457.1	-329.7 -457.1
COLUMN TOTALS	4534.7 -264.6	0.0 0.0	0.0 0.0	4761.2 933.2	0.0 0.0	0.0 0.0	6.6 21.9	0.0 1480.1	96.6 717.5	-329.7 -457.1	-329.7 -457.1

### PREGLED NAPONA

PTI INTERACTIVE POWER SYSTEM SIMULATOR--PSS(R)E                    TUE, DEC 22 2020 10:08  
BUSES WITH VOLTAGE GREATER THAN 1.0500:

BUS# X-- NAME --X BASKV	AREA	V(PU)	V(KV)	BUS# X-- NAME --X BASKV	AREA	V(PU)	V(KV)
460022 JVRAN411	400.00	46 1.0553	422.11	460102 JSOMB31	400.00	46 1.0510	420.40
460111 JSMIT212	400.00	46 1.0517	420.70	460112 JSMIT211	400.00	46 1.0517	420.70

BUSES WITH VOLTAGE GREATER THAN 1.1000:

BUS# X-- NAME --X BASKV	AREA	V(PU)	V(KV)	BUS# X-- NAME --X BASKV	AREA	V(PU)	V(KV)
* NONE *							

Prema snapshot podacima susjedni sistemi injektiraju reaktivnu snagu u EES Srbije, u ukupnom iznosu od 457,1 MVAr. I pored toga naponi na 220 kV naponskom nivou su unutar tehnički dozvoljenih granica i nema čvorišta sa povišenim naponom, dok je na 400 kV naponskom nivou samo na jednom čvorištu napon za 2,1 kV viši od 420 kV, najvišeg napona opreme.

## EES CRNE GORE

S obzirom da sistem SCADA u CGES-u još uvijek nije u popunosti u funkciji, nije mogao biti dostavljen snapshot, tako da bilansi snaga i vrijednosti napona za EES Crne Gore nisu ni prikazani.

#### 4.2.1.4 Topologija prenosne mreže u BiH

Zbog trajnog kvara od ranije su van pogona TR 3 220/110 kV i TR 4 220/110 kV u TS Mostar 4; TR 3 220/110 kV u TS Trebinje i TR 400/110 kV u TS Višegrad.

TR 2 400/110 kV u TS Sarajevo 10 i TR 2 400/220 kV u TS Tuzla 4 su u rezervi, dok je DV 220 kV Mostar 4 – EAL isključen zbog prestanka rada Aluminija d.d. Mostar.

Prije početka testa, odnosno u prvom satu, tok aktivne snage na kablu MONITA između Crne Gore (CG) i Italije (IT) je imao smjer CG ->IT u iznosu od cca 400 MW.

U skladu sa dnevnim izvještajem Službe za upravljanje sistemom u realnom vremenu, za 17.11.2020. godine, za prvi sat rada EES-a BiH tj. u periodu od 00:00 do 01:00 h, na 400 i 220 kV mreži u pogonu su bili proizvodni objekti prikazani u tabelama 4.1 i 4.2.

Tabela 4.1. Proizvodi objekti na 400 kV mreži

Elektrana	P	Q
	[MW]	[Mvar]
TE Gacko	206	-2
TE Ugljevik	207	-52
TE Stanari	275	-42

Tabela 4.2. Proizvodi objekti na 220 kV mreži

Elektrana	P	Q
	[MW]	[Mvar]
TE Tuzla G5	133	5
TE Tuzla G6	159	-40
TE Kakanj G7	163	-36
HE Rama	70	-11

U tabelama je prezentirana srednja satna proizvodnja na pragu elektrana tj. na mreži prenosa. Kako se vidi iz prikazanih tabela, sve proizvodne jedinice, osim G5 u TE Tuzli, preuzimaju reaktivnu snagu sa mreže prenosa i tako pomažu u poboljšanju naponskih prilika tj. utiču na smanjenje povišenih napona na prenosnoj mreži EES-a BiH. Dio reaktivne snage koji se preuzima sa prenosne mreže se "troši" na magnetiziranje blok transformatora, dio se koristi za obezbeđenje rada vlastite potrošnje u termoelektranama, a dio preuzimaju proizvodne jedinice za obezbeđenje pobude u kapacitivnom/potpobuđenom režimu rada.

Prema planu provođenja testa, u periodu rada sistema od 01:00 do 02:00 h, bio je predviđen rad TE Gacko sa  $\cos\phi = 1$ , odnosno nultom proizvodnjom reaktivne snage na generatoru ( $Q = 0$  MVAr). U toku provođenja testa, od 01:00 do 02:00 h, TE Gacko je radila u režimu u kojem ne preuzima reaktivnu snagu sa mreže prenosa (0 Mvar).

Sa dijagrama na slici 4.5 po tokovima snaga se vidi da je priprema CHE Čapljine za kompenzatorski potpobuđeni režim počela u 00:55 h, pa su u cilju korektnih uporedbi vrijednosti napona tokom provođenja testa prezentirane vrjednosti napona u relevantnim čvorištima EES-a BiH u vremenu 00:54 h (srednje minutne vrijednosti) neposredno prije početka priprema za test.

Vrijednosti napona u 400 i 220 kV relevantnim čvorištima sistema prije početka testa 1a, u vremenu 00:54 h, prikazani su u tabelama 4.3 i 4.4.

Tabela 4.3. Naponske prilike u 400 kV mreži

OBJEKAT	NAPON [kV]
TS 400/x kV	00:54 h
Mostar 4	434.65
Gacko	429.71
Trebinje	426.28
Sarajevo 10	431.73
Sarajevo 20	432.65
Tuzla 4	429.03
Stanari	428.72
Banja Luka 6	427.21
Ugljevik	423.15
Višegrad	422.61

Tabela 4.4. Naponske prilike u 220 kV mreži

OBJEKAT	NAPON [kV]
TS 220/x kV	00:54 h
Mostar 4	251.31
Mostar 3	249.11
Trebinje	244.84
RP Kakanj	246.97
Prijedor 2	247.74
Jajce 2	248.66

Tokovi reaktivnih snaga (srednje minutne vrijednosti) po interkonektivnim dalekovodima (DV) 400 i 220 kV naponskog nivoa EES-a BiH, prije početka testa 1a, u vremenu 00:54 h, prikazani su u tabelama 4.5 i 4.6.

Tabela 4.5. Tokovi Q na DV 400 kV

Interkonektivni DV 400 kV	Q. [Mvar]
	00:54 h
Mostar 4 - Konjsko	-47.12
Ugljevik - Ernestinovo	10.53
Ugljevik - S. Mitrovica	53.56
Trebinje - Lastva	37.72

Tabela 4.6. Tokovi Q na DV 220 kV

Interkonektivni DV 220 kV	Q. [Mvar]
	00:54 h
Mostar 4 - Zakučac	-22.13
Prijedor 2 - Međurić	7.48
Prijedor 2 - Sisak	19.08
Gradačac - Đakovo	-9.36
TE Tuzla - Đakovo	-11.71
Trebinje - Plat	1.54
Trebinje - Perućica	49.73
Sarajevo 20 - Piva	19.27
Višegrad - Vardište	43.66

Napomena:

Oznaka "-" znači da reaktivna snaga ulazi u čvor (npr. čvor Mostar 4 prima reaktivnu snagu u iznosu od 22,13 MVAr iz čvora Zakučac).

Na bazi tokova reaktivne snage po interkonektivnim vodovima, prikazanim u tabelama 4.5 i 4.6, napravljen je bilans razmjene reaktivne snage na prenosnoj mreži 400 i 220 kV naponskog nivoa EES-a BiH sa susjednim sistemima Hrvatske, Srbije i Crne Gore.

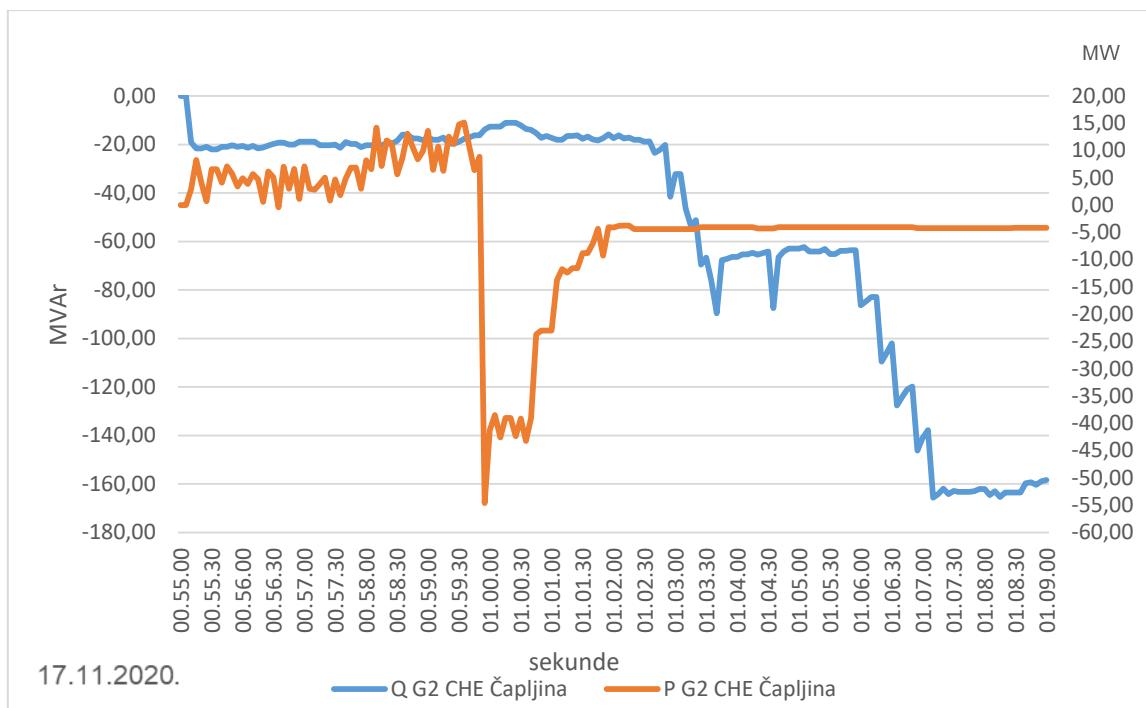
<b>NOS</b>	<b>HOPS</b>		<b>-51.69</b>
<b>NOS</b>	<b>CGES</b>		<b>106.72</b>
<b>NOS</b>	<b>EMS</b>		<b>97.22</b>
	<b><math>\Sigma</math> =</b>		<b>152.25</b>

Dakle EES BiH, u vremenu 00:54 h, prije početka testa 1a izvozi, odnosno injektira reaktivnu snagu u susjedne sisteme u ukupnom iznosu od 152,25 MVAr, pri čemu se iz EES-a Hrvatske injektira reaktivna snaga u iznosu od 51,69 MVAr, a iz EES-a BiH u EES Crne Gore se injektira reaktivna snaga u iznosu od 106,72 MVAr. U EES Srbije iz EES-a BiH se injektira reaktivna snaga u iznosu od 97,22 MVAr.

#### 4.2.1.4 Test 1a. – Rad CHE Čapljine u kompenzatorskom potpobuđenom režimu rada

Kompenzatorski potpobuđeni režim rada CHE Čapljina je počeo u 01:00 h, dok je maksimalno preuzimanje reaktivne snage iz EES-a, u iznosu od 160 MVAr, dostignuto u 01:08 h. Tokom asinhronog zaleta u trajanju od 100 sekundi (s) potrošnja CHE Čapljine iznosila je cca 20 MW, dok je u stacionarnom stanju potrošnja aktivne snage iznosila cca 4 MW (prosječna potrošnja aktivne snage pri zaletu u vremenu od 00:59:55 h do 1:01:55 h, iznosila je 24,58 MW).

Na Slici 4.5. su pokazane vrijednosti aktivne i reaktivne snage svakih 5 sekundi preuzete sa visokonaponske 220 kV strane blok transformatora generatora G2, za period njegovog ulaska u pogon i prelaska u kompenzatorski režim rada od 00:55 h do 1:09 h. Podaci su preuzeti preko sistema SCADA u NOSBiH-u.



Slika 4.5. Aktivna i reaktivna 5-sekundna snaga pri ulasku CHE Čapljine u kompenzatorski potpobuđeni režim rada

Preuzimanjem 160 MVAr reaktivne snage iz mreže, očekivano, smanjenje napona se najviše odrazilo na transformatorske stanice koje su bliže CHE Čapljini. U tabelama 4.7. i 4.8. su prikazane naponske prilike u relevantnim čvorištima 400 kV i 220 kV mreže, u 00:54 h, prije ulaska te u 01:09 h, nakon ulaska CHE Čapljine u kompenzatorski potpobuđeni režim rada.

Tabela 4.7. Naponi u 400 kV čvorištima prije i nakon ulaska CHE Čapljina

OBJEKT	NAPON [kV] 00:54 h	NAPON [kV] 01:09 h	$\Delta U$ [kV]
TS 400/x kV			
Mostar 4	434.65	429.75	-4.9
Gacko	429.71	425.82	-3.89
Trebinje	426.28	422.84	-3.44
Sarajevo 10	431.73	429.41	-2.32
Sarajevo 20	432.65	430.65	-2
Tuzla 4	429.03	429.2 *	*
Stanari	428.72	428.13	-0.59
Banja Luka 6	427.21	426.84	-0.37
Ugljevik	423.15	422.68	-0.47
Višegrad	422.61	422.19	-0.42

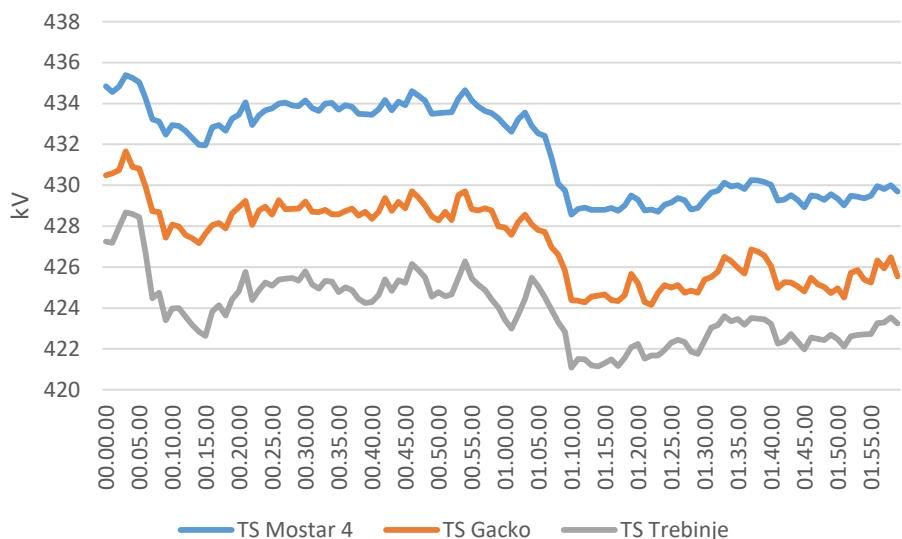
\* nema promjena mjerene vrijednosti ("zaleđena" mjerena)

Tabela 4.8. Naponi u 220 kV čvorištima prije i nakon ulaska CHE Čapljina

OBJEKAT	NAPON [kV]	NAPON [kV]	$\Delta U$
TS 220/x kV	00:54 h	01:09 h	[kV]
Mostar 4	251.31	246.09	-5.22
Mostar 3	249.11	244.91	-4.2
Trebinje	244.84	242.01	-2.83
RP Kakanj	246.97	246.97	*
Prijedor 2	247.74	247.2	-0.54
Jajce 2	249.96	248.83	-1.13

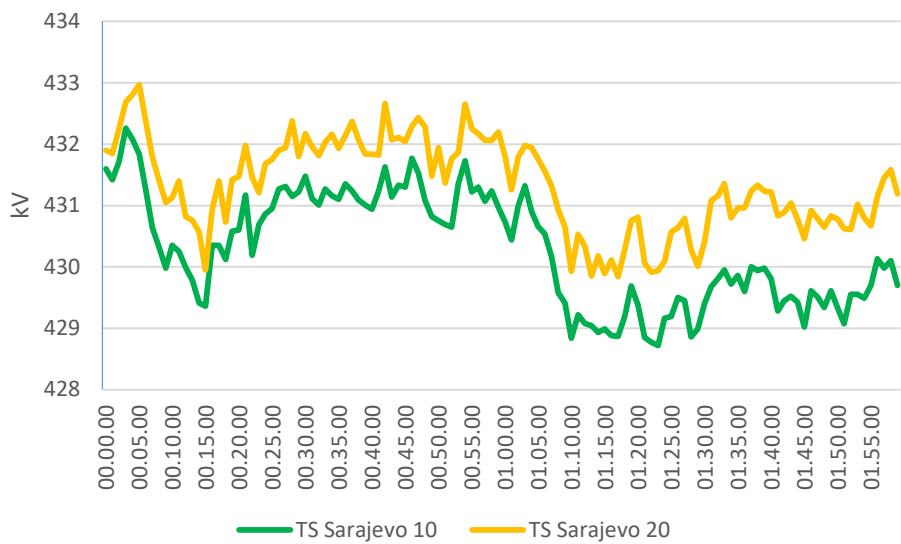
\* nema promjena mjereneh vrijednosti ("zaleđena" mjerena)

Ulaskom CHE Čapljine u kompenzatorski potpobuđeni režim rada i preuzimanjem cca 160 MVar od 01:09 h, došlo je i do smanjenja napona u južnom, a neznatno i u centralnom dijelu EES-a BiH (400 kV transformatorske stanice), dok u ostalom dijelu sistema nije zabilježeno značajnije smanjenje naponskih prilika. Do najvećeg smanjenja napona očekivano je došlo u najbližim transformatorskim stanicama kao što su TS Mostar 4 (smanjenje od 4,9 kV), TS Gacko (smanjenje od 3,89 kV) i TS Trebinje (smanjenje od 3,44 kV), što se vidi na slici 4.6.



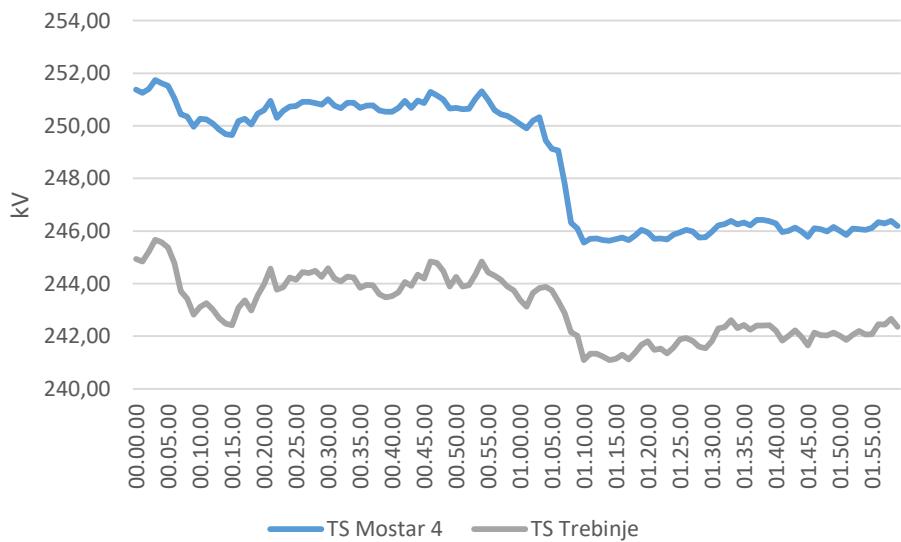
Slika 4.6. Naponi u TS Mostar 4, TS Gacko i TS Trebinje prije i nakon ulaska CHE Čapljina

Pored ove tri transformatorske stanice, značajnije sniženje 400 kV napona je izmjereno u TS Sarajevo 10 (sniženje od cca 2,32 kV) i TS Sarajevo 20 (sniženje od 2 kV) – što je prikazano na slici 4.7.



Slika 4.7. Naponi u TS Sarajevo 10 i TS Sarajevo 20 prije i nakon ulaska CHE Čapljine

Ulaskom CHE Čapljine u kompenzatorski potpobuđeni režim rada i preuzimanjem sa mreže prenosa reaktivne snage u iznosu od 161.87 MVar, u vremenu 01:09 h dolazi do značajnijeg smanjenja napona samo u 220 kV transformatorskim stanicama koje se nalaze u južnom dijelu EES-a BiH. Do najveće promjene, odnosno smanjenja napona, došlo je u najbližim trafostanicama i to: TS Mostar 4 (sniženje od 5,22 kV) i TS Trebinje (sniženje od 2,83 kV) (slika 4.8.).



Slika 4.8. Naponi u TS Mostar 4 i TS Trebinje prije i nakon ulaska CHE Čapljina

Na slikama 4.6, 4.7 i 4.8 prikazane su srednje minutne promjene napona u relevantnim 400 i 220 kV čvorištima EES-a BiH, u periodu od 00:00 do 01:55 h, prije i nakon ulaska CHE Čapljine u kompenzatorski potpobuđeni režim rada.

Tokovi reaktivnih snaga (srednje minutne vrijednosti) po interkonektivnim DV 400 i 220 kV naponskog nivoa EES-a BiH, u vremenu 01:09 h, nakon ulaska CHE Čapljine u kompenzatorski

potpobuđeni režim rada prikazani su u tabelama 4.9 i 4.10. Preuzimanje reaktivne snage CHE Čapljine u navedenom vremenu, sa mreže prenosa, na pragu elektrane, iznosilo je 161,87 MVAr.

Tabela 4.9. Tokovi  $Q$  na DV 400 kV

Interkonektivni DV 400 kV	$Q$ [Mvar]	$Q$ [Mvar]	$\Delta Q$ [Mvar]	
	00:54 h	01:09 h	u EES BiH	IZ EES BiH
Mostar 4 - Konjsko	-47.12	-60.15	13.03	
Ugljevik - Ernestinovo	10.53	4.82		-5.71
Ugljevik - S. Mitrovica	53.56	51.26		-2.3
Trebinje - Lastva	37.72	17.23		-20.49

Tabela 4.10. Tokovi  $Q$  na DV 220 kV

Interkonektivni DV 220 kV	$Q$ [Mvar]	$Q$ [Mvar]	$\Delta Q$ [Mvar]	
	00:54 h	01:09 h	u EES BiH	IZ EES BiH
Mostar 4 - Zakučac	-22.13	-35.93	13.8	
Prijedor 2 - Međurić	7.48	5.18		-2.3
Prijedor 2 - Sisak	19.08	16.92		-2.16
Gradačac - Đakovo	-9.36	-9.46	0.1	
TE Tuzla - Đakovo	-11.71	-11.71	0	
Trebinje - Plat	1.54	0.4		-1.14
Trebinje - Perućica	49.73	40.26		-9.47
Sarajevo 20 - Piva	19.27	15		-4.27
Višegrad - Vardište	43.66	41.34		-2.32

Na bazi tokova reaktivne snage po interkonektivnim dalekovodima, prikazanim u tabelama 4.9 i 4.10, napravljen je bilans razmjene reaktivne snage na prenosnoj mreži 400 i 220 kV naponskog nivoa EES-a BiH sa susjednim sistemima Hrvatske, Srbije i Crne Gore.

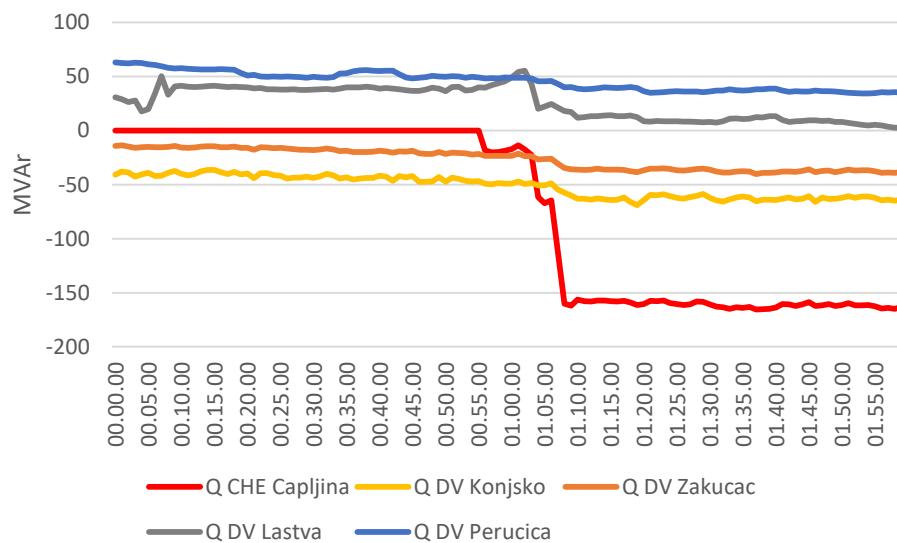
NOS	HOPS		-89.93
NOS	CGES		72.49
NOS	EMS		92.6
		$\Sigma =$	75.16

U 01:09 h, nakon ulaska CHE Čapljine u kompenzatorski potpobuđeni režim rada, EES BiH izvozi, odnosno injektira reaktivnu snagu u susjedne sisteme u ukupnom iznosu od 75,16 MVAr, pri čemu se iz EES-a Hrvatske injektira reaktivna snaga u iznosu od 89,93 MVAr, dok se iz EES-a BiH u EES Crne Gore injektira reaktivna snaga u iznosu od 72,49 MVAr. U EES Srbije se iz BiH injektira reaktivna snaga u iznosu od 92,66 MVAr.

U ovom slučaju dolazi do povećanog injektiranja reaktivne snage iz EES-a Hrvatske u EES BiH, za 38,24 MVAr, te smanjenog injektiranja iz EES-a BiH u EES Crne Gore, za 34,23 MVAr. Smanjeno je i injektiranje reaktivne snage u EES Srbije, za 4,62 MVAr, a ukupan eksport reaktivne snage iz EES-a BiH u susjedne sisteme smanjen je za 77,09 MVAr.

Iz analize tokova reaktivnih snaga po interkonektivnim DV može se zaključiti da nakon ulaska CHE Čapljina u kompenzatorski potpobuđeni režim rada i smanjena vrijednosti napona u čvorištima EES-a BiH dolazi do dodatnog povećanja tokova reaktivne snage („prelijevanja“) iz sistema sa višim naponom (EES Hrvatske) u sistem sa nižim naponom (EES BiH). Takođe se uočava, da smanjenjem vrijednosti napona u čvorištima EES-a BiH dolazi i do smanjenja eksporta reaktivne snage u sisteme sa nižim vrijednostima napona – ESS Crne Gore i ESS Srbije.

Na slici 4.9. može se vidjeti promjena srednje minutne reaktivne snage na interkonektivnim dalekovodima EES-a BiH prije i nakon ulaska CHE Čapljine u kompenzatorski potpobuđeni režim rada.



Slika 4.9. Promjena reaktivne snage na interkonektivnim dalekovodima nakon ulaska CHE Čapljina

#### 4.2.1.5 Test 1b. – Rad CHE Čapljine u kompenzatorskom potpobuđenom režimu rada i maksimalni potpobuđeni režim rada TE Gacko

Pored kompenzatorskog potpobuđenog režima rada CHE Čapljine, i rad ostalih proizvodnih jedinica u potpobuđenom režimu rada može pomoći kod riješavanja naponskih prilika u EES-u BiH. Najveći proizvodni objekat, u ovom djelu EES-a BiH, koji može pomoći kod smanjenja napona, osim CHE Čapljine, je TE Gacko, koja je priključena na 400 kV napon. Rad ove elektrane u potpobuđenom režimu rada znatno utiče na sniženje napona u EES-u BiH, što je testom i dokazano.

Ulazak TE Gacko u maksimalni potpobuđeni režim rada zabilježen je u 02:09 h. U tom trenutku ukupno preuzimanje reaktivne snage ove elektrane sa prenosne mreže iznosilo je 72,86 MVAr.

Pored rada CHE Čapljine u kompenzatorskom potpobuđenom režimu, u vremenu od 01:00 do 02:00 h, ulazak TE Gacko u potpobuđeni režim rada dodatno je doprinio poboljšanju naponskih prilika u EES-u BiH. U tabelama 4.11. i 4.12. prikazane su naponske prilike u relevantnim

čvorištima 400 kV, odnosno 220 kV mreže u 01:09 h, prije ulaska, te u 02:09 h, nakon ulaska TE Gacko u kapacitivni/potpobuđeni režim rada.

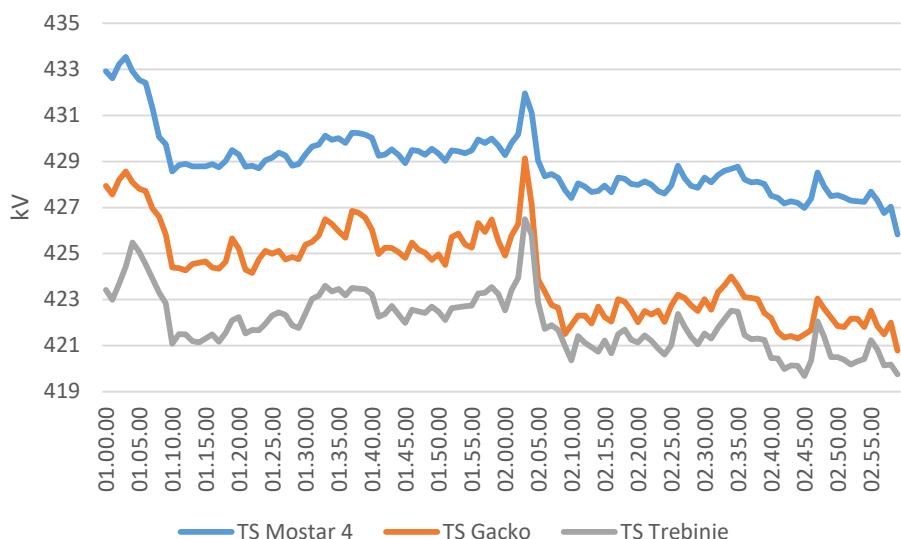
Tabela 4.11. Naponi u 400 kV čvorištima

OBJEKAT	NAPON [kV]	NAPON [kV]	$\Delta U$
TS 400/x kV	01:09 h	02:09 h	[kV]
Mostar 4	429.75	427.76	-1.99
Gacko	425.82	421.5	-4.32
Trebinje	422.84	420.99	-1.85
Sarajevo 10	429.41	428.73	-0.68
Sarajevo 20	430.65	430.4	-0.25
Tuzla 4	429.2 *	429.2 *	*
Stanari	428.13	428.23	0.1
Banja Luka 6	426.84	426.88	0.04
Ugljevik	422.68	422.36	-0.32
Višegrad	422.19	421.45	-0.74

Tabela 4.12. Naponi u 220 kV čvorištima

OBJEKAT	NAPON [kV]	NAPON [kV]	$\Delta U$
TS 220/x kV	01:09 h	02:09 h	[kV]
Mostar 4	246.09	245.47	-0.62
Mostar 3	244.91	243.66	-1.25
Trebinje	242.01	241.23	-0.78
RP Kakanj	246.97	246.97	*
Prijedor 2	247.2	247.39	0.19
Jajce 2	248.83	248.59	-0.24

Ulaskom CHE Čapljine u kompenzatorski potpobuđeni režim rada (od 01:00 sat) i TE Gacko u potpobuđeni režim rada (od 02:00 sata) do najznačajnije promjene napona dolazi u čvorištima 400 kV napona TS Mostar 4, TS Gacko i TS Trebinje. Uporedbom napona u 01:09 h i 02:09 h pokazalo se da je promjene napona u TS Mostar 4 iznosila 1.99 kV, u TS Gacko 4.32 kV, a u TS Trebinje 1.85 kV. Na slici 4.10 prikazane su srednje minutne promjene napona u 400 kV čvorištima TS Mostar 4, TS Gacko i TS Trebinje u periodu od 01:00 do 02:55 h, prije i nakon ulaska TE Gacko u kapacitivni/potpobuđeni režim rada.



Slika 4.10. Naponi u TS Mostar 4, TS Gacko i TS Trebinje prije i nakon ulaska TE Gacko

Tokovi reaktivnih snaga (srednje minutne vrijednosti) po interkonektivnim DV 400 i 220 kV naponskog nivoa EES-a BiH, u vremenu 01:09 h, nakon ulaska CHE Čapljine u kompenzatorski potpobuđeni režim rada u 02:09 h, nakon ulaska TE Gacko u kapacitivni/potpobuđeni režim rada, prikazani su u tabelama 4.13, odnosno 4.14. Preuzimanje reaktivne snage TE Gacko, sa mreže prenosa (na pragu elektrane) u navedenom vremenu je iznosilo 72,86 MVar.

Tabela 4.13. Tokovi Q na DV 400 kV

Interkonektivni DV 400 kV	Q [Mvar]	Q [Mvar]	$\Delta Q$ [Mvar]	
	01:09 h	02:09 h	u EES BiH	IZ EES BiH
Mostar 4 - Konjsko	-60.15	-70.25	10.1	
Ugljevik - Ernestinovo	4.82	16.3		11.48
Ugljevik - S. Mitrovica	51.26	47.77		-3.49
Trebinje - Lastva	17.23	-23.5	-40.73	

Tabela 4.14. Tokovi Q na DV 220 kV

Interkonektivni DV 220 kV	Q [Mvar]	Q [Mvar]	$\Delta Q$ [Mvar]	
	01:09 h	02:09 h	u EES BiH	IZ EES BiH
Mostar 4 - Zakučac	-35.93	-35.88	-0.05	
Prijedor 2 - Međurić	5.18	5.68		0.5
Prijedor 2 - Sisak	16.92	16.97		0.05
Gradačac - Đakovo	-9.46	-14.38	4.92	
TE Tuzla - Đakovo	-11.71	-11.71	0	
Trebinje - Plat	0.4	8.27		7.87
Trebinje - Perućica	40.26	38.73		-1.53
Sarajevo 20 - Piva	15	8.85		-6.15
Višegrad - Vardište	41.34	34.58		-6.76

Na bazi tokova reaktivne snage po interkonektivnim DV, prikazanim u tabelama 4.13 i 4.14, napravljen je bilans razmjene reaktivne snage na prenosnoj mreži 400 i 220 kV naponskog nivoa EES-a BiH sa susjednim sistemima Hrvatske, Srbije i Crne Gore.

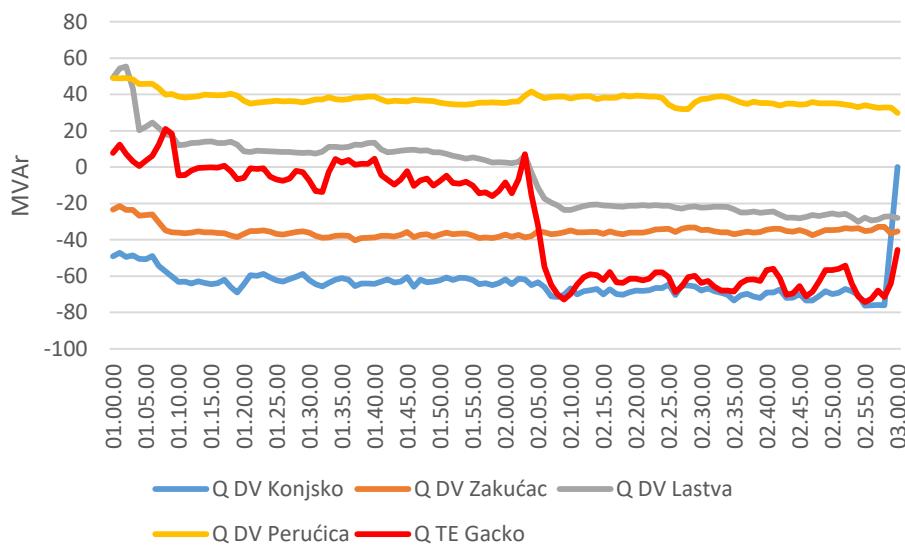
<b>NOS</b>	<b>HOPS</b>	<b>-85</b>
<b>NOS</b>	<b>CGES</b>	<b>24.08</b>
<b>NOS</b>	<b>EMS</b>	<b>82.35</b>
	<b><math>\Sigma</math> =</b>	<b>21.43</b>

U vremenu od 02:09 h, nakon ulaska CHE Čapljina u kompenzatorski potpobuđeni režim rada i ulaska TE Gacko u kapacitivni/potpobuđeni režim rad, EES BiH izvozi, odnosno injektira reaktivnu snagu u susjedne sisteme u ukupnom iznosu od 21,43 MVar, pri čemu se iz EES-a Hrvatske injektira reaktivna snaga u iznosu od 85 MVar, a iz EES-a BiH u EES Crne Gore se reaktivna snaga injektira u iznosu od 24,09 MVar. Iz EES-a BiH se u EES Srbije injektira reaktivna snaga u iznosu od 82,35 MVar.

U ovom slučaju dolazi do blagog smanjenja injektiranja reaktivne snage iz EES-a Hrvatske u EES BiH, za 4,93 MVar i smanjenog injektiranja iz EES-a BiH u EES Crne Gore, za 48,41 MVar. Smanjeno je i injektiranje reaktivne snage u EES Srbije, za 10,25 MVar, a ukupni eksport reaktivne snage iz EES-a BiH u susjedne sisteme smanjen je za 53,73 MVar.

Iz analize tokova reaktivnih snaga po interkonektivnim vodovima, i u ovom slučaju, može se zaključiti da nakon ulaska CHE Čapljine u kompenzatorski potpobuđeni režim rada, te ulaska TE Gacko u kapacitivni/potpobuđeni režim rada i smanjenja vrijednosti napona u čvorištima EES-a BiH, dolazi do dodatnog povećanja tokova reaktivne snage („prelijevanja“) iz sistema sa višim naponom (EES Hrvatske) u sistem sa nižim naponom (EES BiH). Takođe se uočava, da smanjenjem vrijednosti napona u čvorištima EES-a BiH dolazi i do smanjenja eksporta reaktivne snage u susjedne sisteme sa nižim vrijednostima napona – ESS Crne Gore i ESS Srbije.

Na Slici 4.11. se može vidjeti promjena srednje minutne reaktivne snage na interkonektivnim dalekovodima EES-a BiH, prije i nakon ulaska TE Gacko u kapacitivni/potpobuđeni režim rada



Slika 4.11. Promjena reaktivne snage nakon ulaska TE Gacko

#### 4.2.1.6 Test 1c. – Rad CHE Čapljine u kompenzatorskom potpobuđenom režimu rada, maksimalni potpobuđeni režim rada TE Gacko i isključenje DV 400 kV Mostar 4 – Konjsko

Isključenje podopterećenih dalekovoda, vodeći računa o kriteriju sigurnosti N-1, jedna je od najčešćih mjera koje DC NOSBiH-a koristi u cilju snižavanja napona u EES-u BiH. Isključenje podopterećenog DV 400 kV Mostar 4 – Konjsko, odnosno smanjenje primanja reaktivne snage iz EES-a Hrvatske dovelo bi do dodatnog sniženja napona u EES-u BiH.

Pored rada CHE Čapljine u kompenzatorskom potpobuđenom režimu rada (od 01:00), ulaska TE Gacko u potpobuđeni režim rada (od 02:00) i isljučenje DV 400 kV Mostar 4 – Konjsko (od 03:00) doprinijelo je dodatnom poboljšanju naponskih prilika u EES-u BiH. U tabelama 4.15. i 4.16. prikazane su naponske prilike u relevantnim čvoristima 400 kV, odnosno 220 kV mreže u 02:09 h, prije isključenja i 03:03 h, nakon isključenja DV 400 kV Mostar 4 – Konjsko.

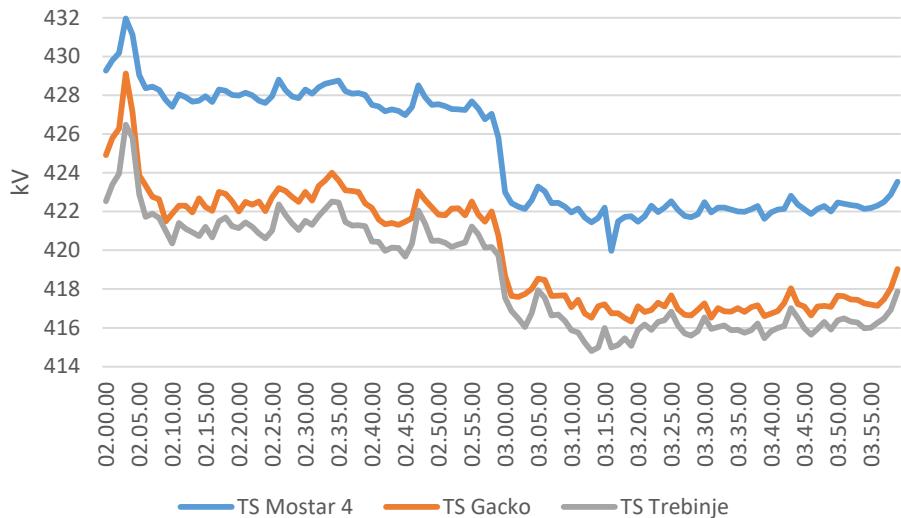
Tabela 4.15. Naponi u 400 kV čvoristima

OBJEKAT	NAPON [kV]	NAPON [kV]	ΔU [kV]
TS 400/x kV	02:09 h	03:03 h	
Mostar 4	427.76	422.14	-5.62
Gacko	421.5	417.74	-3.76
Trebinje	420.99	416.05	-4.94
Sarajevo 10	428.73	425.81	-2.92
Sarajevo 20	430.4	427.6	-2.8
Tuzla 4	429.2 *	427.19	*
Stanari	428.23	427.15	-1.08
Banja Luka 6	426.88	425.92	-0.96
Ugljevik	422.36	421.66	-0.7
Višegrad	421.45	421.19	-0.26

Tabela 4.16. Naponi u 220 kV čvoristima

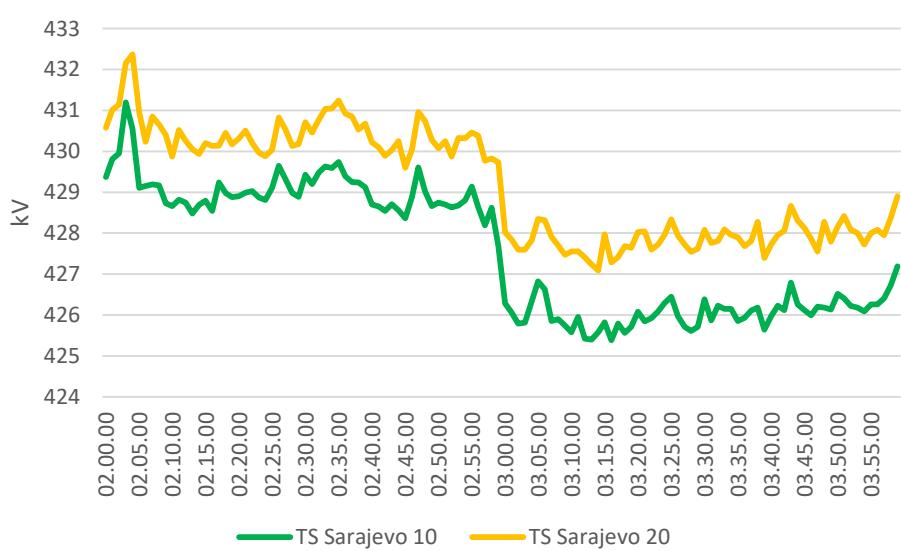
OBJEKAT	NAPON [kV]	NAPON [kV]	ΔU [kV]
TS 220/x kV	02:09 h	03:03 h	
Mostar 4	245.47	243.09	-2.38
Mostar 3	243.66	242.05	-1.61
Trebinje	241.23	238.08	-3.15
RP Kakanj	246.97	245.77	-1.2
Prijedor 2	247.39	247.02	-0.37
Jajce 2	248.59	247.55	-1.04

Isključenje slabo opterećenog DV 400 kV Mostar 4 – Konjsko dovelo je do snižavanja napona u TS Mostar 4, za 5,62 kV, u TS Gacko, za 3,76 kV, dok je u TS Trebinje zabilježen niži napon za 4,94 kV, što se i vidi na Slici 4.12.



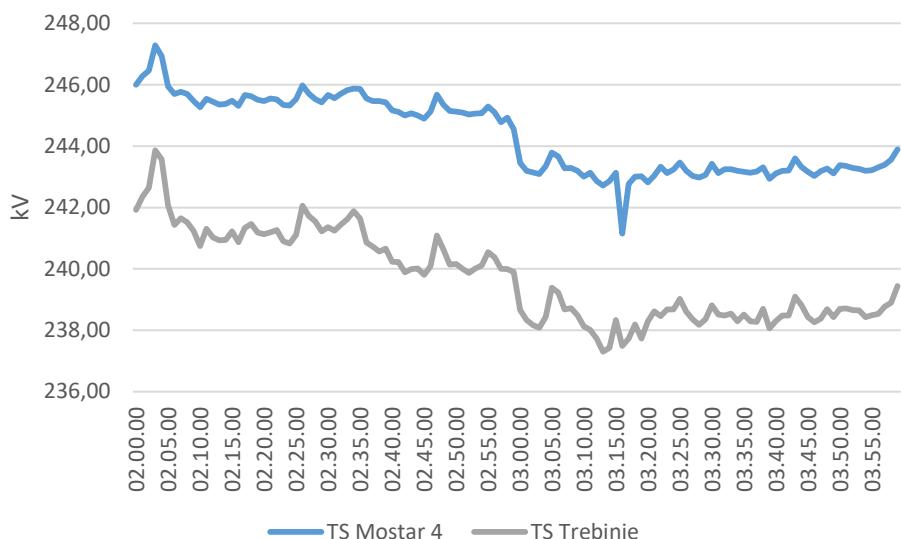
*Slika 4.12. Naponi u TS Mostar 4, TS Gacko i TS Trebinje prije i nakon isključenja DV 400 kV Mostar 4 – Konjsko*

Pored snižavanja napona u navedenim trafostanicama, isključenje navedenog dalekovoda se odrazilo i na napone u TS Sarajevo 10, gdje je zabilježeno snižavanje napona za 2,92 kV, dok je u TS Sarajevo 20 zabilježeno snižavanje napona za 2,8 kV (slika 4.13.).



*Slika 4.13. Naponi u TS Sarajevo 10 i TS Sarajevo 20 prije i nakon isključenja DV 400 kV Mostar 4 – Konjsko*

Osim značajnih promjena napona u 400 kV mreži, zabilježeno je i snižavanje napona u 220 kV mreži. U TS Mostar 4 napon je snižen za 2,38 kV, a u TS Trebinje za 3,15 kV, što je prikazano na slici 4.14.



Slika 4.14. Naponi u TS Mostar 4, TS Mostar 3 i TS Trebinje prije i nakon isključenja DV 400 kV Mostar 4 – Konjsko

U tabelama 4.17 i 4.18 prikazane su naponske prilike u relevantnim čvorištima 400 i 220 kV prenosne mreže, u 00:54 h, neposredno prije početka testa i 03:03 h, nakon isključenja DV 400 kV Mostar 4 – Konjsko, kada CHE Čapljina u kompenzatorskom potpobuđenom režimu rada sa prenosne mreže (na pragu elektrane) preuzima 130,35 MVar, a TE Gacko radi u kapacitivnom režimu rada te sa prenosne mreže preuzima 53,04 MVar.

Tabela 4.17. Naponi u 400 kV čvorištima

OBJEKAT	NAPON [kV]	NAPON [kV]	$\Delta U$ [kV]
TS 400/x kV	00:54 h	03:03 h	
Mostar 4	434.65	422.14	-12.51
Gacko	429.71	417.74	-11.97
Trebinje	426.28	416.05	-10.23
Sarajevo 10	431.73	425.81	-5.92
Sarajevo 20	432.65	427.6	-5.05
Tuzla 4	429.03	427.19	*
Stanari	428.72	427.15	-1.57
Banja Luka 6	427.21	425.92	-1.29
Ugljevik	423.15	421.66	-1.49
Višegrad	422.61	421.19	-1.42

Tabela 4.18. Naponi u 220 kV čvorištima

OBJEKAT	NAPON [kV]	NAPON [kV]	$\Delta U$
TS 220/x kV	00:54 h	03:03 h	[kV]
Mostar 4	251.31	243.09	-8.22
Mostar 3	249.11	242.05	-7.06
Trebinje	244.84	238.08	-6.76
RP Kakanj	246.97	245.77	-1.2
Prijedor 2	247.74	247.02	-0.72
Jajce 2	249.96	247.55	-2.41

U ovim pogonskim uslovima rada EES-a BiH izmjereno je najveće snižavanje - razlika napona u odnosu na naponske prilike neposredno prije početka testa. U TS Mostar 4 zabilježeno je snižavanje napona za 12,51 kV, u TS Gacko za 10,97 kV, u TS Trebinje za 10,23 kV, u TS Sarajevo 10 za 5,92 kV, dok je u TS Sarajevo 20 napon snižen za 5,05 kV

Ovo se odrazilo i na sniženje napona u 220 kV mreži pa su u TS Mostar 4 zabilježeni niži naponi za 8,22 kV, u TS Mostar 3 za 7,06 kV i u TS Trebinje za 6,76 kV.

Tokovi reaktivnih snaga (srednje minutne vrijednosti) po interkonektivnim dalekovodima 400 i 220 kV naponskog nivoa EES-a BiH, u 02:09 h, nakon ulaska TE Gacko u kapacitivni/potpobuđeni režim rada i 03:03 h, nakon isključenja DV 400 kV Mostar 4 – Konjsko, prikazani su u tabelama 4.19 i 4.20.

Tabela 4.19. Tokovi Q na DV 400 kV

Interkonektivni DV 400 kV	Q [Mvar]	Q [Mvar]	$\Delta Q$ [Mvar]	
	02:09 h	03:03 h	u EES BiH	IZ EES BiH
Mostar 4 - Konjsko	-70.25	0	-70.25	
Ugljevik - Ernestinovo	16.3	16.33		0.03
Ugljevik - S. Mitrovica	47.77	41		-6.77
Trebinje - Lastva	-23.5	-25.49	1.99	

Tabela 4.20. Tokovi Q na DV 220 kV

Interkonektivni DV 220 kV	Q [Mvar]	Q [Mvar]	$\Delta Q$ [Mvar]	
	02:09 h	03:03 h	u EES BiH	IZ EES BiH
Mostar 4 - Zakučac	-35.88	-34.17	-1.71	
Prijedor 2 - Međurić	5.68	4.34		-1.34
Prijedor 2 - Sisak	16.97	14.81		-2.16
Gradačac - Đakovo	-14.38	-14.21	-0.17	
TE Tuzla - Đakovo	-11.71	-16.28	4.57	
Trebinje - Plat	8.27	17.5		9.23
Trebinje - Perućica	38.73	28.18		-10.55
Sarajevo 20 - Piva	8.85	3.8		-5.05
Višegrad - Vardište	34.58	29.88		-4.7

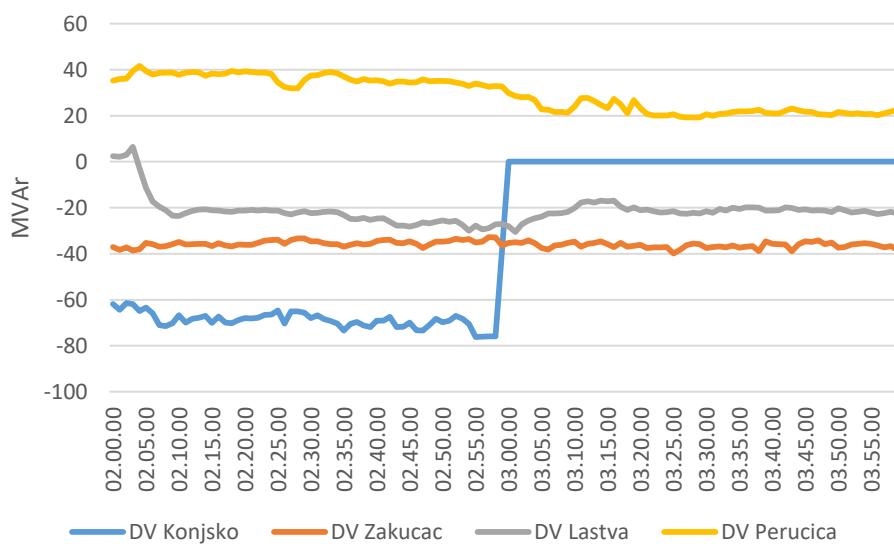
Na osnovu izmjerenih tokova reaktivne snage po interkonektivnim vodovima, prikazanim u tabelama 4.17 i 4.18, napravljen je bilans razmjene reaktivne snage na prenosnoj mreži 400 i 220 kV naponskog nivoa EES-a BiH sa susjednim sistemima Hrvatske, Srbije i Crne Gore.

<b>NOS</b>	<b>HOPS</b>	<b>-11,68</b>
<b>NOS</b>	<b>CGES</b>	<b>6,49</b>
<b>NOS</b>	<b>EMS</b>	<b>70,88</b>
	<b><math>\Sigma =</math></b>	<b>65,69</b>

U 03:03 h, nakon isključenja DV 400 kV Mostar 4 – Konjsko, EES BiH izvozi, odnosno injektira reaktivnu snagu u susjedne sisteme, u ukupnom iznosu od 65,69 MVar, pri čemu se iz EES-a Hrvatske injektira reaktivna snaga u iznosu od 11,68 MVar, dok se iz EES-a BiH u EES Crne Gore injektira reaktivna snaga u iznosu od 6,49 MVar. Istovremeno se iz EES-a BiH u EES Srbije injektira reaktivna snaga u iznosu od 70,68 MVar.

U ovom slučaju dolazi do značajnog smanjenja injektiranja reaktivne snage iz EES-a Hrvatske u EES BiH – za 73,32 MVar i smanjenog injektiranja iz EES-a BiH u EES Crne Gore, za 17,59 MVar. Takođe je smanjeno i injektiranje reaktivne snage u EES Srbije, za 11,47 MVar.

Na Slici 4.15. može se vidjeti promjena srednje minutne reaktivne snage na interkonektivnim dalekovodima EES-a BiH u periodu od 02:00 do 03:55 h prije i nakon isključenja DV 400 kV Mostar 4 – Konjsko.



Slika 4.15. Promjena reaktivne snage na interkonekcijama nakon isključenja DV 400 kV Mostar 4 - Konjsko

#### 4.2.1.7 Test 1d. – izlazak CHE Čapljine i TE Gacko iz potpobuđenog režima rada

Prema programskom zadatku predviđeno je da test traje 4 sata, odnosno da u 05:00 h CHE Čapljina izlazi iz kompenzatorskog potpobuđenog režima rada, a TE Gacko iz kapacitivnog/potpobuđenog režima rada.

U tabelama 4.21. i 4.22. prikazane su naponske prilike na relevantnim čvorištima 400 kV, odnosno 220 kV mreže u 05:01 h, u uslovima rada EES-a BiH kada je isključen DV 400 kV Mostar 4 – Konjsko, a CHE Čapljina, u kompenzatorskom potpobuđenom režimu rada, sa mreže prenosa preuzima 171,77 MVar, dok TE Gacko, u kapacitivnom režimu rada, preuzima 68,30 MVar te u 05:16 h, nakon prestanka rada CHE Čapljina, u kompenzatorskom režimu rada, i preuzimanja reaktivne snage TE Gacko u iznosu od 17 MVar, koja se uglavnom „potroši“ za magnetiziranje blok transformatora.

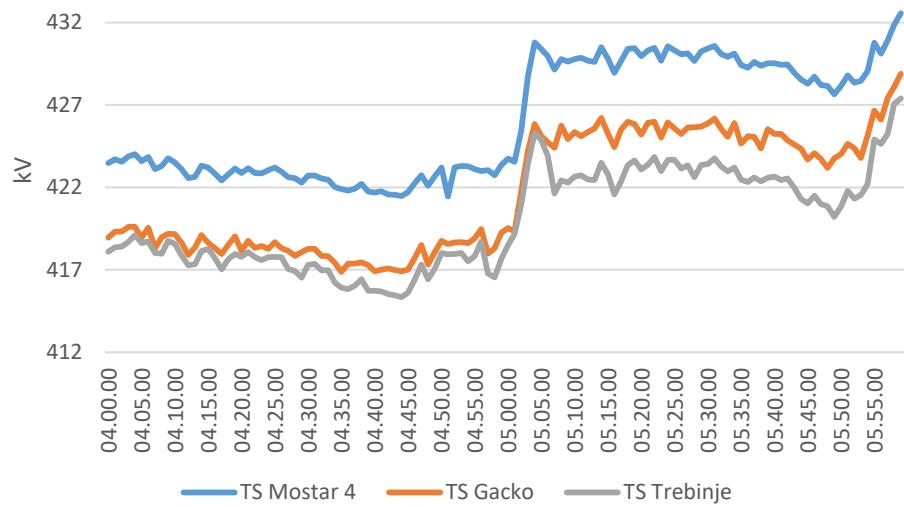
Tabela 4.21. Naponi u 400 kV čvorištima

OBJEKT	NAPON [kV]	NAPON [kV]	$\Delta U$
TS 400/x kV	05:01 h	05:16 h	[kV]
Mostar 4	423.54	428.94	5.4
Gacko	419.33	424.44	5.11
Trebinje	419.17	421.57	2.4
Sarajevo 10	427.35	429.13	1.78
Sarajevo 20	428.88	429.61	0.73
Tuzla 4	427.19	427.19	*
Stanari	427.84	427.93	0.09
Banja Luka 6	426.31	425.97	-0.34
Ugljevik	422.65	421.8	-0.85
Višegrad	422.21	421.17	-1.04

Tabela 4.202. Naponi u 220 kV čvorištima

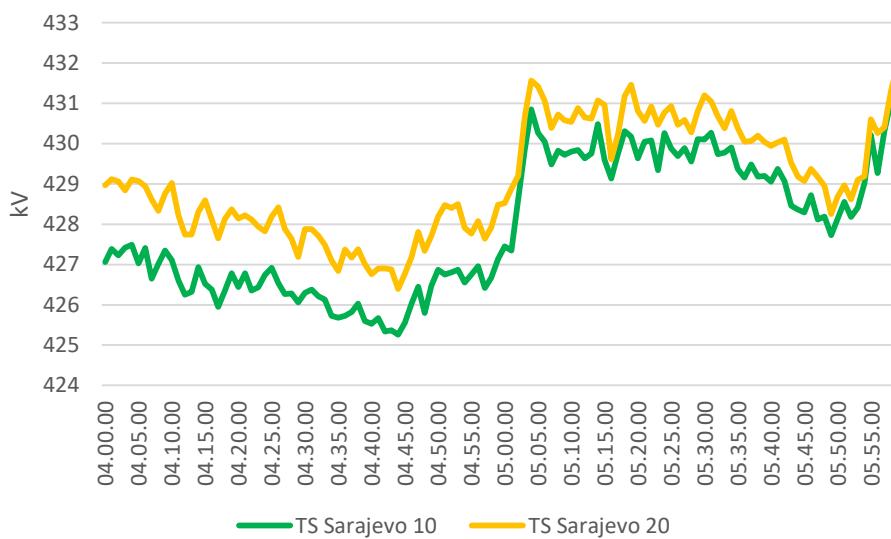
OBJEKT	NAPON [kV]	NAPON [kV]	$\Delta U$
TS 220/x kV	05:01 h	05:16 h	[kV]
Mostar 4	243.46	248.28	4.82
Mostar 3	241.28	246.94	5.66
Trebinje	240.48	241.87	1.39
RP Kakanj	245.77	247.06	1.29
Prijedor 2	246.95	246.95	0
Jajce 2	247.92	248.73	0.81

Evidentno je da se nakon izlaska iz kompenzatorskog potpobuđenog režima rada CHE Čapljine i kapacitivnog režima rada TE Gacko najveća promjena napona desila u TS Mostar 4 (povećanje napona za 5,4 kV), TS Gacko (povećanje napona za 5,11 kV) i TS Trebinje (povećanje napona za 2,4 kV), što je prikazano na slici 4.16.



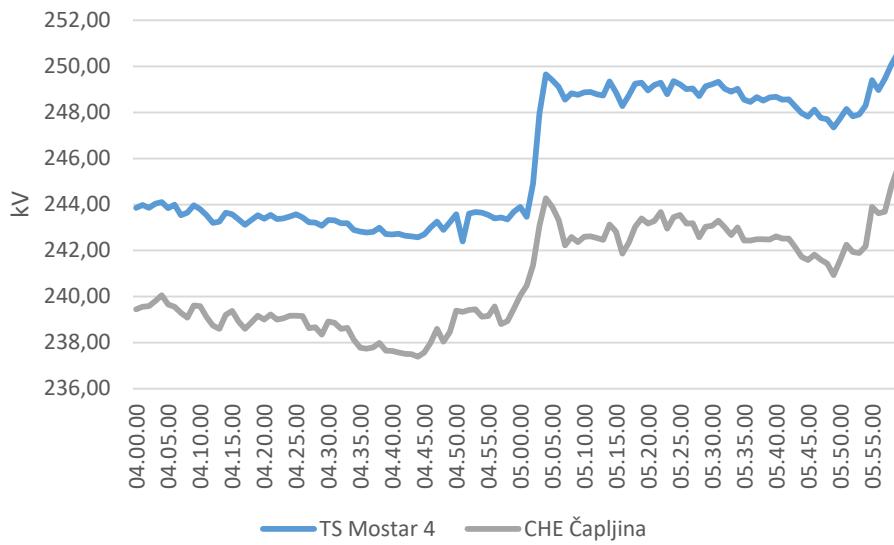
Slika 4.16. Naponi u TS Mostar 4, TS Gacko i TS Trebinje nakon izlaska CHE Čapljine

Pored ove tri trafostanice, najveće promjene u porastu napona su zabilježene u TS Sarajevo 10 (povećanje od 1,78 kV) i TS Sarajevo 20 (povećanje od 0,73 kV), što je prikazano na slici 4.17.



Slika 4.17. Naponi u TS Sarajevo 10 i TS Sarajevo 20 nakon izlaska CHE Čapljine

Nakon izlaska iz kompenzatorskog potpobuđenog režima rada CHE Čapljine i kapacitivnog režima rada TE Gacko najveća promjena u 220 kV mreži se desila u TS Mostaru 3 (povećanje od 5,66 kV), TS Mostar 4 (povećanje od 4,82 kV) i u TS Trebinje (povećanje od 1,39 kV), što je prikazano na slici 4.18.



Slika 4.18. Naponi u TS Mostar 4 i TS Trebinje nakon izlaska CHE Čapljine

Tokovi reaktivnih snaga (srednje minutne vrijednosti) po interkonektivnim DV 400 i 220 kV naponskog nivoa EES-a BiH, u 05:01 h, prije i u 05:16 h, nakon izlaska iz kompenzatorskog potpobuđenog režima rada CHE Čapljine i kapacitivnog režima rada TE Gacko, prikazani su u tabelama 4.23 i 4.24.

Tabela 4.23. Tokovi Q na DV 400 kV

Interkonektivni DV 400 kV	Q [Mvar]	Q [Mvar]	$\Delta Q$ [Mvar]	
	05:01 h	05:16 h	u EES BiH	IZ EES BiH
Mostar 4 - Konjsko	0	0	0	
Ugljevik - Ernestinovo	9.83	29.12		19.29
Ugljevik - S. Mitrovica	35.28	38.45		3.17
Trebinje - Lastva	-27.08	20.38		47.46

Tabela 4.24. Tokovi Q na DV 220 kV

Interkonektivni DV 220 kV	Q [Mvar]	Q [Mvar]	$\Delta Q$ [Mvar]	
	05:01 h	05:16 h	u EES BiH	IZ EES BiH
Mostar 4 - Zakučac	-36.23	-1.48	-34.75	
Prijedor 2 - Međurić	2.57	11.36		8.79
Prijedor 2 - Sisak	11.87	22.05		10.18
Gradačac - Đakovo	-15.29	-13.2	-2.09	
TE Tuzla - Đakovo	-16.28	-16.28	0	
Trebinje - Plat	14.68	11.69		-2.99
Trebinje - Perućica	26.2	48.07		21.87
Sarajevo 20 - Piva	3.3	8.67		5.37
Višegrad - Vardište	29.79	27.5		-2.29

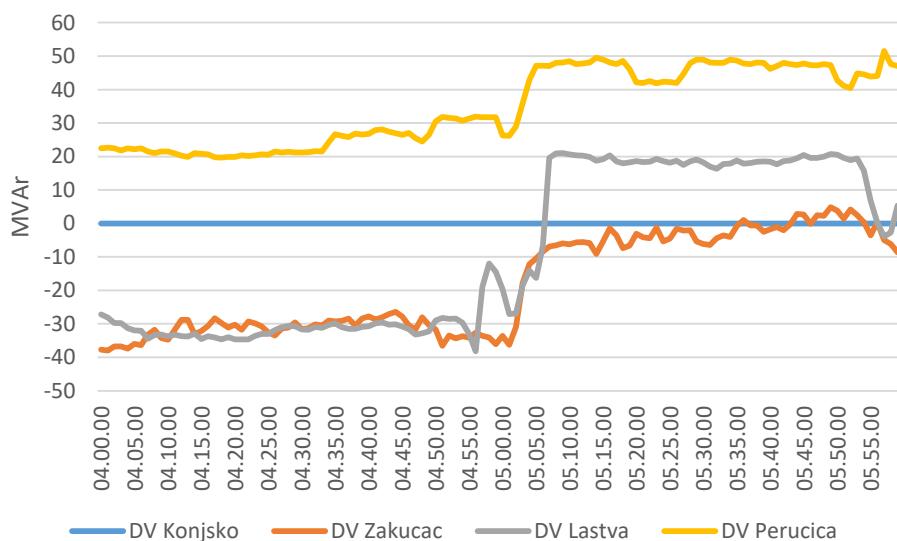
Na bazi tokova reaktivne snage po interkonektivnim vodovima, prikazanim u tabelama 4.23 i 4.24, napravljen je bilans razmjene reaktivne snage na prenosnoj mreži 400 i 220 kV naponskog nivoa EES-a BiH sa susjednim sistemima Hrvatske, Srbije i Crne Gore.

<b>NOS</b>	<b>HOPS</b>	<b>43.26</b>
<b>NOS</b>	<b>CGES</b>	<b>77.12</b>
<b>NOS</b>	<b>EMS</b>	<b>65.95</b>
	<b><math>\Sigma =</math></b>	<b>186.33</b>

Dakle, u 05:16 h, nakon izlaska iz kompenzatorskog potpobuđenog režima rada CHE Čapljine i kapacitivnog režima rada TE Gacko, EES BiH izvozi, odnosno, injektira u susjedne sisteme reaktivnu snagu u ukupnom iznosu od 186,33 MVAr, pri čemu se u EES Hrvatske injektira 43,26 MVAr, dok se iz EES-a BiH u EES Crne Gore injektira reaktivna snaga u iznosu od 77,12 MVAr. Iz EES-a BiH se istovremeno u EES Srbije injektira reaktivna snaga u iznosu od 65,95 MVAr.

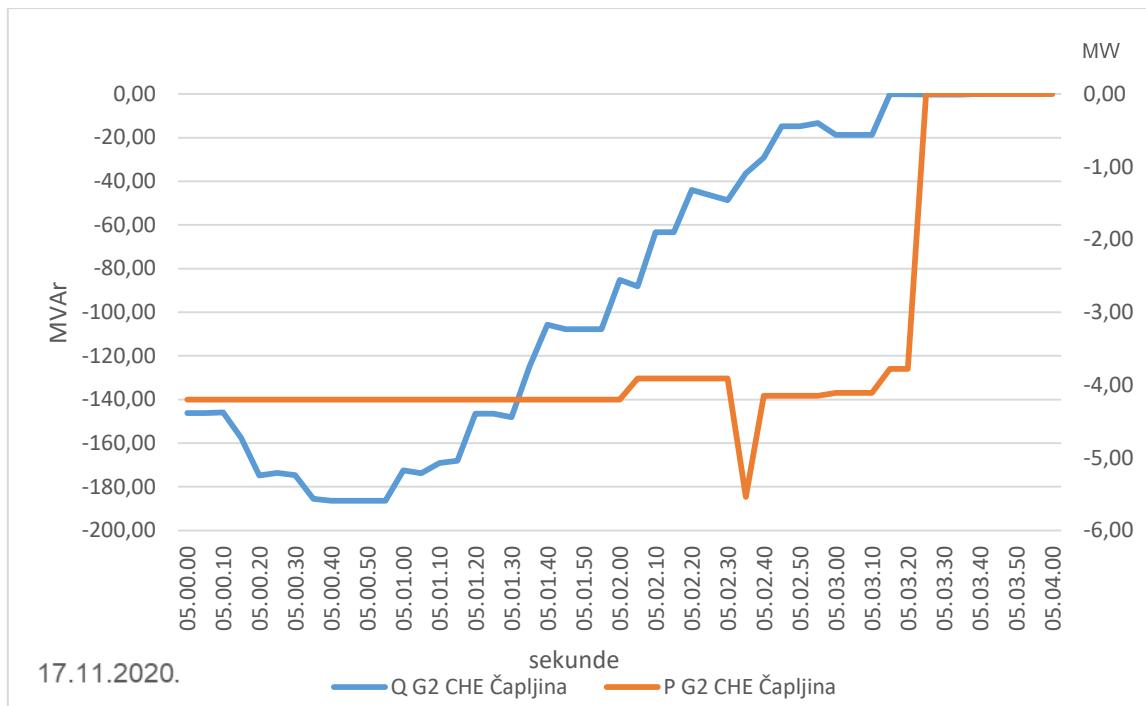
U ovom slučaju, u odnosu na tokove reaktivne snage u 05:01 h dolazi do promjena iznosa i smjera injektiranja reaktivne snage iz EES-a Hrvatske u EES BiH, pri čemu se iz EES-a BiH injektira reaktivna snaga u EES Hrvatske. Povećava se injektiranje iz EES-a BiH u EES Crne Gore za 74,7 MVAr. Malo je povećano i injektiranje reaktivne snage u EES Srbije, za 0,88 MVAr, a ukupan eksport reaktivne snage iz EES-a BiH u susjedne sisteme povećan je za 147,69 MVAr.

Na Slici 4.19. može se vidjeti promjena srednje minutne reaktivne snage na interkonektivnim dalekovodima EES-a BiH nakon izlaska iz kompenzatorskog potpobuđenog režima rada CHE Čapljine i kapacitivnog režima rada TE Gacko.



Slika 4.19. Promjena reaktivne snage na interkonekcijama nakon izlaska CHE Čapljine

Na Slici 4.20. pokazane su vrijednosti aktivne i reaktivne snage svakih 5 sekundi preuzete sa visokonaponske 220 kV strane blok transformatora generatora G2, za period izlaska iz pogona CHE Čapljina, od 5:00:00h do 5:04:00h.



Slika 4.20. Aktivna i reaktivna 5-sekundna snaga pri izlasku CHE Čapljine iz pogona

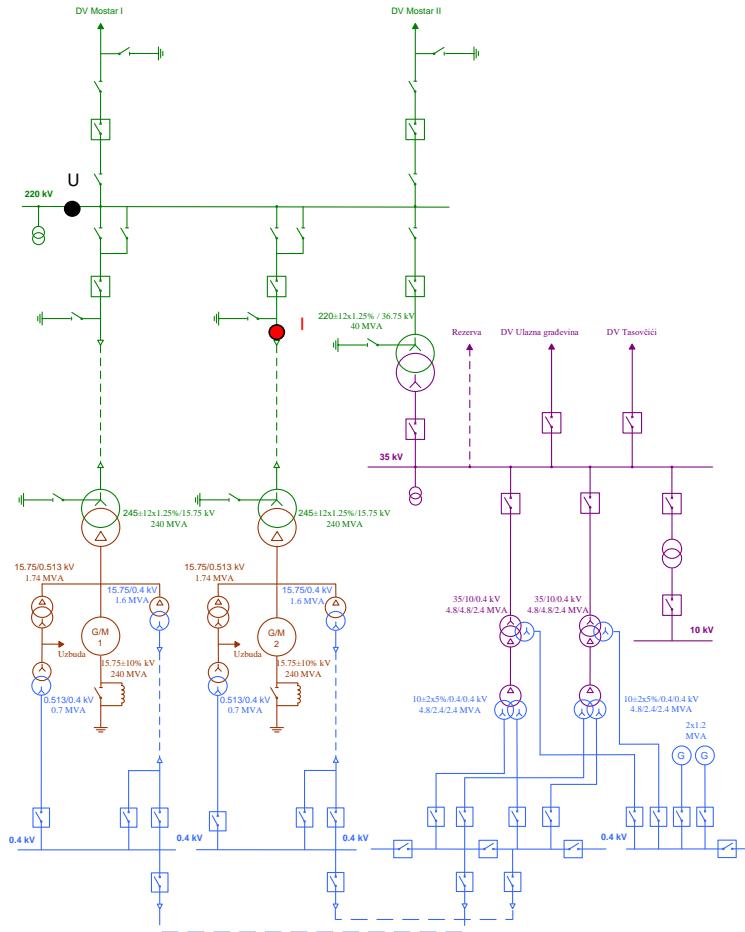
#### 4.3 Uporedba izmjerениh podataka sa sistema SCADA i uređaja MAVOWATT

Pored podataka o srednjim minutnim vrijednostima napona, aktivne i reaktivne snage, koji su uzimani preko sistema SCADA u DC NOSBiH-a, u razvodno postrojenje CHE Čapljine je postavljen i mjerni uređaj MAVOWATT 70 (PX5), koji se koristi za snimanje mjernih veličina, kako u normalnom pogonskom stanju, tako i za registraciju promjena mjernih veličina prouzrokovanih bilo kakvim događajem na visokonaponskoj (VN) strani transformatora.

Mjerenja su izvedena u RP 220 kV CHE Čapljina preko kojeg je CHE povezana na prenosnu mrežu. RP 220 kV CHE Čapljina je priključen na 220 kV prenosnu mrežu BiH preko dva 220 kV dalekovoda (DV) u TS 400/220/110 kV Mostar 4.

Blok transformatori 245/15,75 kV prenosnog odnosa  $245 \pm 12 \times 1,25\% / 15,75$  kV imaju snagu 240 MVA i spregu Ynd5. Neutralna 220 kV strana transformatora je direktno uzemljena.

Naponi ( $U$ ) su mjereni na sabirnicima 220 kV, a struja ( $I$ ) na primarnoj strani blok transformatora generatora G2 245/15,75 kV. Na slici 4.21. prikazana je pojednostavljena jednopolna šema energetskog razvoda, rasklopnih postrojenja i napajanja sistema vlastite potrošnje CHE Čapljina s tačkama mjerjenja napona i struje.



Slika 4.21. Pojednostavljena jednopolna šema razvodnog postrojenja CHE Čapljina s prikazanim tačkama mjerjenja napona i struje

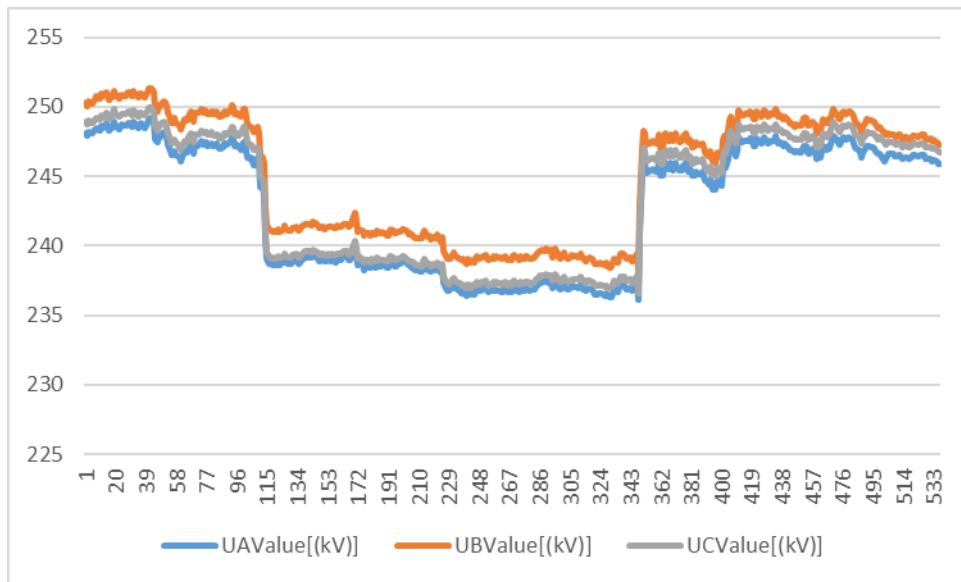
Mjerenje je obavljeno u periodu od 00:00 h do 06:00 h ujutro, 17.11.2020. godine.

Na osnovu istovremenih vrijednosti napona i struje, izmjerene su ili izračunate, te zabilježene sljedeće vrijednosti.

- napon: jednominutne prosječne vrijednosti, najniže i najviše jednociklične efektivne vrijednosti za svaki interval od jedne minute,
- struja: jednominutne prosječne vrijednosti, najniže i najviše jednociklične efektivne vrijednosti za svaki interval od jedne minute,
- aktivna i reaktivna snaga: jednominutne prosječne vrijednosti, najniže i najviše vrijednosti za svaki interval od jedne minute.

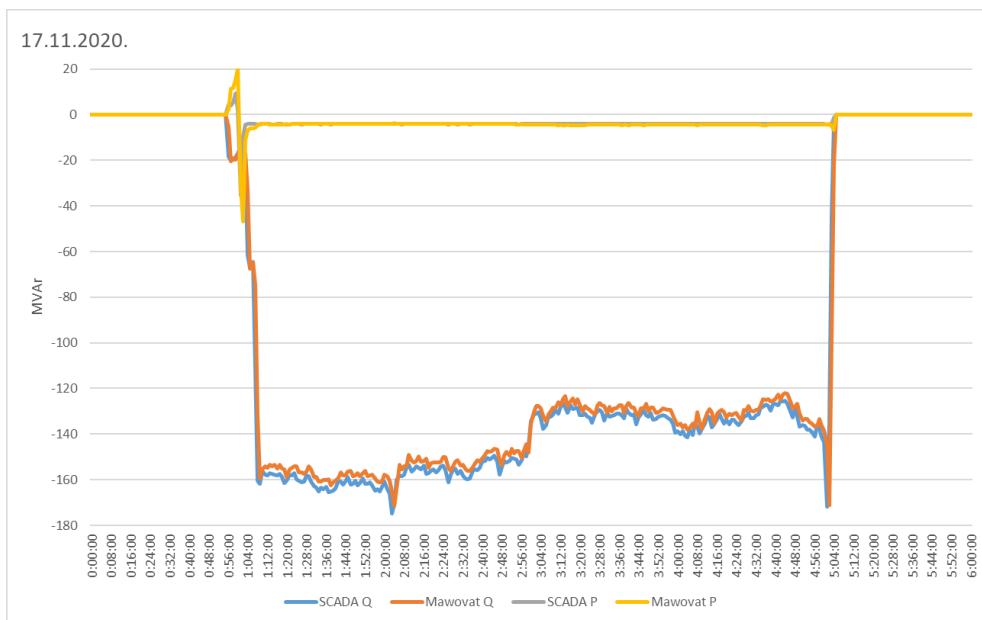
Na osnovu snimljenih uzoraka napona i struje, mjerni uređaj proračunava aktivnu i reaktivnu snagu.

Na Slici 4.22. pokazani su linijski naponi sve tri faze na primarnoj strani blok transformatora generatora G2 u CHE Čapljina izmjereni uređajem MAVOWATT.



Slika 4.22. Izmjereni linijski naponi tri faze na primarnoj strani blok transformatora G2 u CHE Čapljini

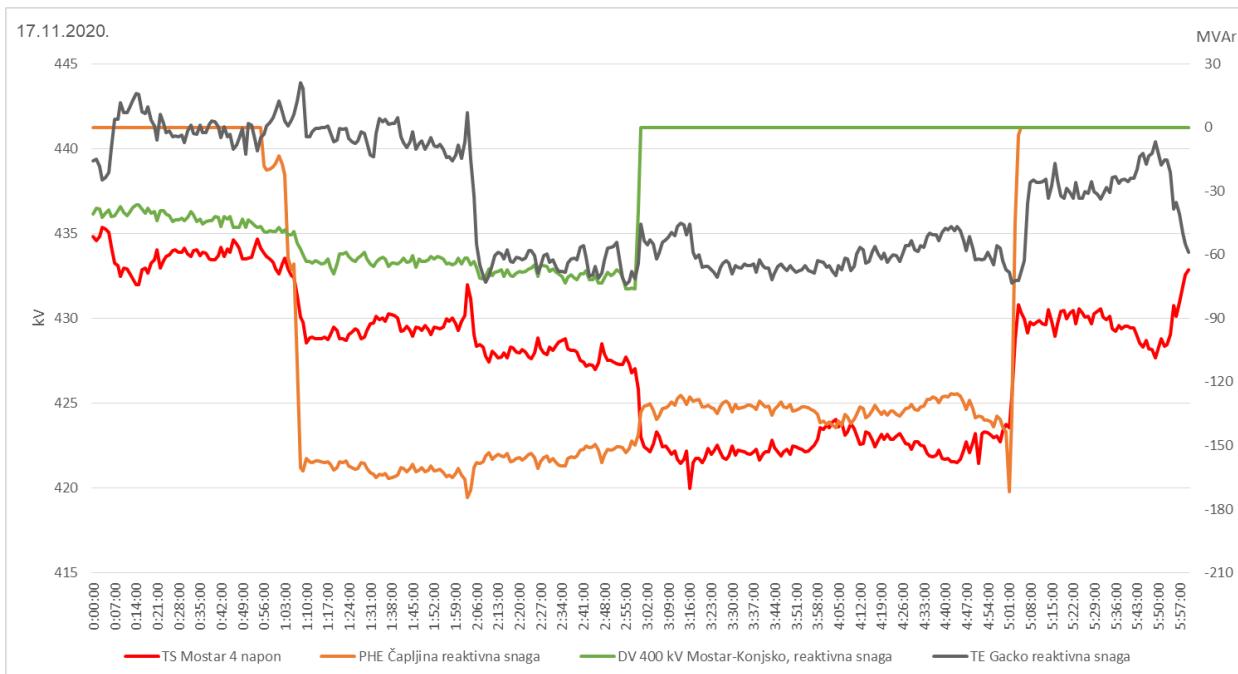
Kako bi se potvrdila validnost podataka koji su uzimani preko sistema SCADA sa vrijednostima izmjernim uređajem MAVOWATT, na Slici 4.23. su prikazani dijagrami izmjerenih vrijednosti srednje minutne aktivne i reaktivne snage sa sistema SCADA i uređaja MAVOWATT. Očito je dobro slaganje izmjerenih podataka sa greškom manjom od 2%, što potvrđuje da su podaci sa sistema SCADA u potpunosti vjerodostojni.



Slika 4.23. Izmjereni P i Q sa uređaja MAVOWATT i sistema SCADA na 220 kV blok transformatoru G2 u CHE Čapljina

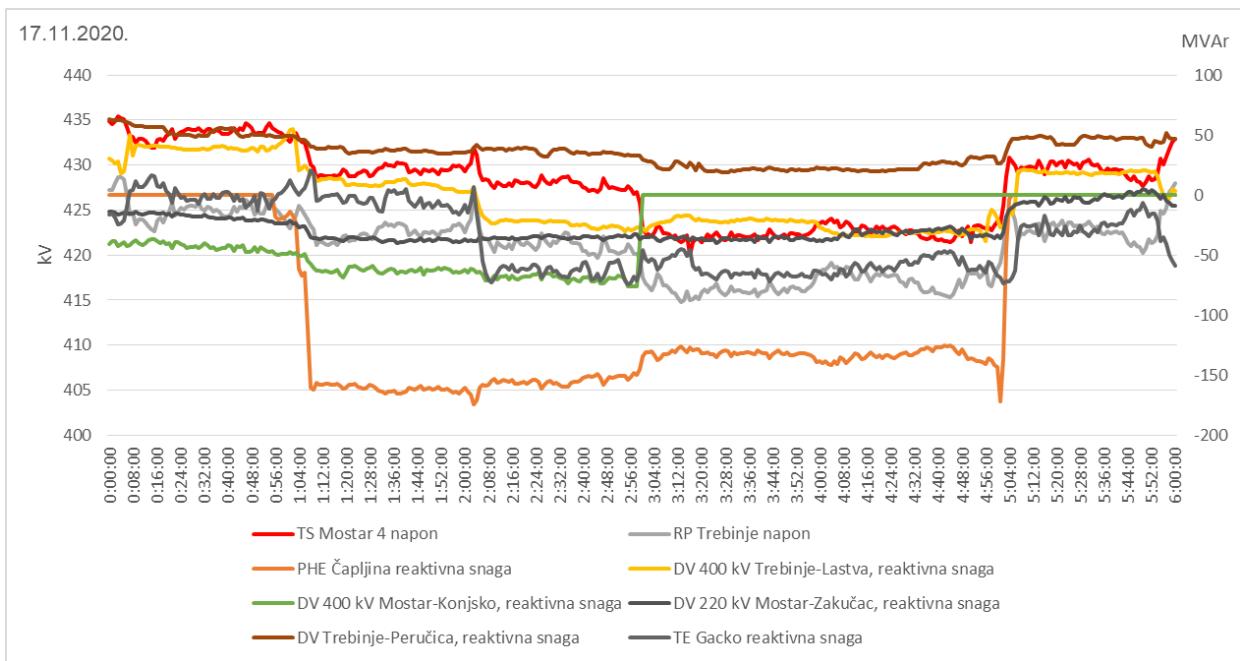
#### 4.4 Ukupni rezultati mjerena i proračuna

Na Slici 4.24. prikazani su dijagrami promjene srednjih minutnih vrijednosti 400 kV napona u TS Mostar 4 uz uporedbu promjene srednje minutne reaktivne snage u CHE Čapljina, TE Gacko i na DV Mostar 4 – Konjsko, pri čemu je preuzimanje reaktivne snage sa predznakom minus. Svi podaci o srednjim minutnim vrijednostima napona i reaktivne snage iz čvorišta 400 kV i 220 kV elektroenergetskog sistema u BiH uzeti su preko sistema SCADA u DC NOSBiH-a.



Slika 4.24. Promjena 400 kV napona u TS Mostar u zavisnosti od rada CHE Čapljina, TE Gacko i isključenja DV 400 kV Mostar 4-Konjsko

Kompletan ciklus kompenzatorskog rada CHE Čapljine, naponi 400 kV u TS Mostar 4 i TS Trebinje, promjene srednje minutne reaktivne snage TE Gacko i na DV 400 kV Mostar 4 – Konjsko, DV 400 kV Trebinje – Lastva, DV 220 kV Mostar 4 – Zakučac, DV 220 kV Trebinje – HE Perućica, od 00:00 do 06:00h, prikazani su na Slici 4.25.



Slika 4.25. Promjena 400 kV napona u TS Mostar u zavisnosti od rada CHE Čapljina, TE Gacko i isključenja DV 400 kV Mostar 4-Konjsko

## 5 ZAKLJUČCI

1. U prva tri kvartala 2020. godine (razmatrani period u 2020. godini), u prenosnoj mreži Bosne i Hercegovine su, kao i prethodnih godina, registrovane visoke vrijednosti i dužine trajanja povišenih napona, kako na naponskom nivou 400 kV (od 2706 sati do 6669 sati za 9 mjeseci i 11 dana), tako i na naponskom nivou 220 kV (od 2638 sati do 6235 sati mjereno perioda). Svako povećanje napona iznad dozvoljenih granica ubrzava starenje izolacije opreme i narušava kvalitet električne energije.
2. Dijagram napona za 2020. godinu pokazuje da je smanjenje potrošnje, izazvano pandemijom virusa covid 19 i izlaskom iz pogona potrošača Aluminij d.d. Mostar, uzrokovalo dodatno povećanje napona iznad dozvoljenih granica, kako na 400 kV naponskom nivou, gdje je zabilježen i historijski maksimum u iznosu od 454,79 kV, tako i na 220 kV naponskom nivou, sa takođe historijskim maksimumom od 267,71 kV.
3. Rezultati proračuna tokova snaga i naponskih prilika, za prvi sat rada 17.11.2020. godine EES-a BiH, pokazuju slabu opterećenost dalekovoda u EES-u BiH. Posljedica toga je veliki iznos kapacitivne snage punjenja prenosne mreže sa 964,6 MVar, što izaziva povišene napone u čvoristima EES-a BiH, više od dozvoljenih vrijednosti 420 kV, 245 kV, 123 kV te eksport, odnosno, injektiranje reaktivne snage u susjedne elektroenergetske sisteme u iznosu od 281,9 MVar.
4. Rad CHE Čapljine u kompenzatorskom potpobuđenom režimu, uz preuzimanje sa prenosne mreže 161,87 MVar, uzrokuje veće smanjenje napona u bližim transformatorskim stanicama. Na 400 kV naponskom nivou u TS Mostar 4 dolazi do smanjenja napona za 4,9 kV, u TS Gacko za 3,9 kV, a u TS Trebinje za 3,44 kV. U udaljenijim transformatorskim stanicama TS Sarajevo 10 i TS Sarajevo 20 ovo smanjenje napona je pri tom manje i iznosi 2,32 kV, odnosno 2 kV. Na prenosnoj mreži 220 kV u TS Mostar 4 smanjenje napona iznosi 5,22 kV, u TS Mostar 3 4,2 kV, a u TS Trebinje 2,83 kV.
5. Rad CHE Čapljine u kompenzatorskom potpobuđenom režimu te ulazak TE Gacko u potpobuđeni režim rada, uz preuzimanje 72,86 MVar sa mreže prenosa, uzrokuju dodatno sniženje napona u čvoristima dijela EES-a BiH bliže lokaciji priključka CHE Čapljine i TE Gacko. Na 400 kV mreži u TS Mostar 4 zabilježeno je smanjenje napona za 1,99 kV, u TS Gacko 4,32 kV, a u TS Trebinje 1,85 kV. Na 220 kV prenosnoj mreži u TS Mostar 4 zabilježeno je smanjenje napona za 0,62 kV, u TS Mostar 3 1,25 kV i TS Trebinje 0,78 kV.
6. U uslovima rada EES BiH, kada CHE Čapljina radi u kompenzatorskom potpobuđenom režimu i TE Gacko radi u kapacitivnom režimu preuzimanjem reaktivne snage sa mreže prenosa, isključenje DV 400 kV Mostar 4 – Konjsko, preko koga se injektira 70,25 MVar u EES BiH će uzrokovati dodatno smanjenje napona u nekim od čvorista EES-a BiH. Na 400 kV naponskom nivou, u bližim transformatorskim stanicama dolazi do smanjenja napona: u TS Mostar 4 za 4,9 kV, u TS Gacko za 3,9 kV, a u TS Trebinje za 3,44 kV. U udaljenijim transformatorskim stanicama ovo smanjenje napona je manje i iznosilo je: 2,92 kV u TS Sarajevo 10, 2,8 kV u TS Sarajevo 20, 1,08 kV u TS Stanari, 0,96 kV u TS Banja Luka 6, 0,7 kV u TS Ugljevik. Na prenosnoj mreži 220 kV smanjenje napona je iznosilo: 2,38 kV u TS

Mostar 4, 1,61 kV u TS Mostar 3, 3,15 kV u TS Trebinje, 1,2 kV u RP Kakanj, te 1,04 kV u TS Jajce 2.

7. U uslovima rada EES-a BiH, kada je isključen DV 400 kV Mostar 4 – Konjsko, a CHE Čapljina i TE Gacko rade u potpobuđenim režimima rada preuzimanjem reaktivne snage sa mreže prenosa, ukupno smanjenje napona u odnosu na naponske prilike neposredno prije početka testa u čvorištima EES BiH na 400 kV naponskom nivou iznosilo je: 12,51 kV u TS Mostar 4, 11,97 kV u TS Gacko, 10,23 kV u TS Trebinje, 5,92 kV u TS Sarajevo 10, 5,05 kV u TS Sarajevo 20, 1,57 kV u TS Stanari, 1,29 kV u TS Banja Luka, 1,49 kV u TS Ugljevik i 1,42 kV u TS Višegrad. Na prenosnoj mreži 220 kV ukupno smanjenje napona iznosilo je: 8,22 kV u TS Mostar 4, 7,06 kV u TS Mostar 3, 6,76 kV u TS Trebinje, 1,2 kV u RP Kakanj, a 2,41 kV u TS Jajce.
8. Analizirajući rezultate testiranja rada CHE Čapljine, jasno se vidi i značajan doprinos TE Gacko u regulaciji naponskih prilika, što dokazuje da potpobudni režim rada generatora priključenih na prenosnu mrežu ima značajan uticaj na regulaciju napona, te da svi generatori, kroz pružanje pomoćne usluge Q/V regulacije, koja prema postojećim tržišnim pravilima, procedurama i metodologijama nije finansijski valorizovana, znatno doprinose da naponske prilike u EES-u BiH budu bolje.
9. Izmjerene veličine napona tokom provođenja testa, jasno pokazuju da kompenzatorski režim rada CHE Čapljine ima uticaj na smanjenje napona u dijelu EES-a BiH, ponajviše u južnom i nešto manje u centranom dijelu EES-a BiH, dok u sjevernom dijelu EES-a kompenzatorski režim rada nema većeg uticaja na naponske prilike. To potvrđuje činjenicu da je problematika naponskih prilika i Q/V regulacije lokalnog karaktera, odnosno, da za dobru sistemsku Q/V regulaciju resursi Q/V regulacije trebaju biti pravilno raspoređeni u cijelom sistemu.
10. Na osnovu predloženih dijagrama i analiza za karakteristične transformatorske stanice naponskog nivoa 400 i 220 kV u EES-u BiH, može se opravdano prepostaviti da će u predstojećim godinama neminovno doći do daljnje rasta nedozvoljenih napona. Zbog toga se moraju hitno preduzeti sve raspoložive mjere kako bi se povišeni naponi sveli na vrijednosti definisane Mrežnim kodeksom.
11. Zabilježene rekordne vrijednosti napona i dužine trajanja rada transformatorskih stanica pri nedozvoljenim naponima u 400 kV i 220 kV mreži, zahtijevaju hitno rješavanje ovoga problema. Kao trajno rješenje nameće se ugradnja odgovarajućih kompenzatorskih uređaja, priključenih na 400 kV ili 220 kV mrežu. Međutim, kako njihova ugradnja zahtijeva prilično dug period (3-4 godine) neophodno je obezbijediti uslove za korištenje sada dostupnih resursa za regulaciju napona. Najbrže i najjednostavnije rješenje, do realizacije navedenih mjera, jeste angažovanje CHE Čapljine, uz prethodno izrađenu metodologiju valorizacije troškova kompenzatorskog rada, kao i valorizaciju Q/V regulacije napona koja bi bila stimulativna za dodatno angažovanje proizvodnih objekata u potpobudnom režimu rada. Time bi se omogućila veća apsorpcija reaktivne snage iz prenosne mreže i djelimično ublažavanje naponskih prilika.
12. Analiza i mjerena u realnom vremenu, te činjenica da u noćnim režimima rada EES-a BiH najčešće nema dovoljno resursa (proizvodnih jedinica) za potporu Q/V regulacije dokazuju da se adekvatna regulacija naponskih prilika može očekivati tek nakon ugradnje kompenzatorskih uređaja kako u EES BiH, tako i u elektroenergetske sisteme susjednih operatora.

## **6 Literatura**

- [1] IEC 60038, "IEC standard voltages", edition 6.2, 2002-2007.
- [2] NOSBiH, "Mrežni kodeks", Sarajevo, januar, 2019.
- [3] NOSBiH, elaborat "Identifikacija nedozvoljenih napona na prenosnoj mreži BiH", Sarajevo, X 2010.
- [4] Z. Bajramović, S. Hadžić, M. Veledar, O. Hadžić, „The Appearance of the Power Frequency Overvoltage in the Transmission Network“, 8th International Conference - Workshop Compatibility and Power Electronics (CPE 2013), June 5 – 7. 2013, Ljubljana, Slovenia.
- [5] E. i. H. Požar, „Tehno-ekonomski aspekti regulacije napona kao pomoćne (sistemske) usluge – identifikacija i sanacija nedozvoljenih napona na prenosnoj mreži BiH“, Zagreb: svibanj 2012.
- [6] Z. Bajramović, S. Čaršimamović, M. Veledar, S. Hadžić, A. Čaršimamović, „Temporary Power Frequency Overvoltages in 220 kV and 400 kV Transmission Network“, CIGRE, International Colloquium Power Quality and Lightning Sarajevo, B&H 2012.
- [7] PSS/E, PSS/E (Power System Simulator Siemens Energy, Inc, Power Technologies International).