

## UTICAJ RADOVA U MREŽI OPERATORA PRENSNOG SISTEMA NA NAPONSKE PRILIKE U MREŽI OPERATORA DISTRIBUTIVNOG SISTEMA

### THE IMPACT OF WORKS IN THE TRANSMISSION SYSTEM OPERATOR'S NETWORK ON VOLTAGE CONDITIONS IN THE DISTRIBUTION SYSTEM OPERATOR'S NETWORK

Milica POROBIĆ, Elektrodistribucija Srbije, Srbija  
Saša MANDIĆ, Elektrodistribucija Srbije, Srbija  
Gordana JOVANOVIĆ, Elektrodistribucija Srbije, Srbija  
Branislav BOGDANOVIĆ, Elektrodistribucija Srbije, Srbija  
Sanja MAKSIMOVIĆ MOIĆEVIĆ, Elektrodistribucija Srbije, Srbija

#### KRATAK SADRŽAJ

Planirani radovi na elektroenergetskoj mreži Operatora prenosnog sistema (OPS), vrlo često zahtevaju promene u uklopnom stanju Operatora distributivnog sistema (ODS). Zbog pojedinih radova potrebno je rasteretiti ili potpuno isključiti neke od dalekovoda naponskog nivoa 110 kV. Ovakvi zahtevi za posledicu imaju rekonfiguraciju mreže u distributivnom elektroenergetskom sistemu (DEES). Radovi po tipu su investicioni ili remontni. Ponekad za radove nije potrebno rekonfigurisati DEES. Ovaj rad ima za cilj da ukaže na veoma zanimljivu situaciju u radu DEES, za vreme radova na mreži OPS. U toku radova desilo se više kvarova u mreži OPS. Oni su eliminisani radom zaštitnih uređaja OPS. To je dovelo do promene uklopnog stanja u mreži OPS. U radu su prikazane posledice naponskog stanja u mreži ODS i njihov uticaj na korisnike distributivnog sistema (KDS), kao i reagovanja hijerarhijski definisanih dispečerskih centara u nepredviđenoj situaciji.

**Ključne reči:** radovi; naponske prilike

#### ABSTRACT

Planned works on the power grid of the transmission system operator (TSO) very often require changes in the switching state of the distribution system operator (DSO). Due to certain works, it is necessary to relieve or completely disconnect some of the 110 kV power lines. Such demands result in the reconfiguration of the network in the distributed electric power system (DEES). Works by type are investment or repair. Sometimes it is not necessary to reconfigure DEES for work. This paper has the goal to show a very interesting situation in the work of DEES, during the works on the OPS network. In the course of the works, several failures occurred in the OPS network. They were eliminated by the operation of protective devices of OPS. The switching state in the OPS network was changed after the selective operation of the protective equipment. The paper shows the consequences of the voltage state in the DSO network and its impact on the users of the distribution system (KDS), as well as the reactions of hierarchically defined dispatch centers in an unforeseen situation.

**Key words:** works; voltage conditions

Milica Porobić, [milica.porobic@ods.rs](mailto:milica.porobic@ods.rs), 021/4821504  
Saša Mandić, [sasa.mandic@ods.rs](mailto:sasa.mandic@ods.rs)

#### 1. UVOD

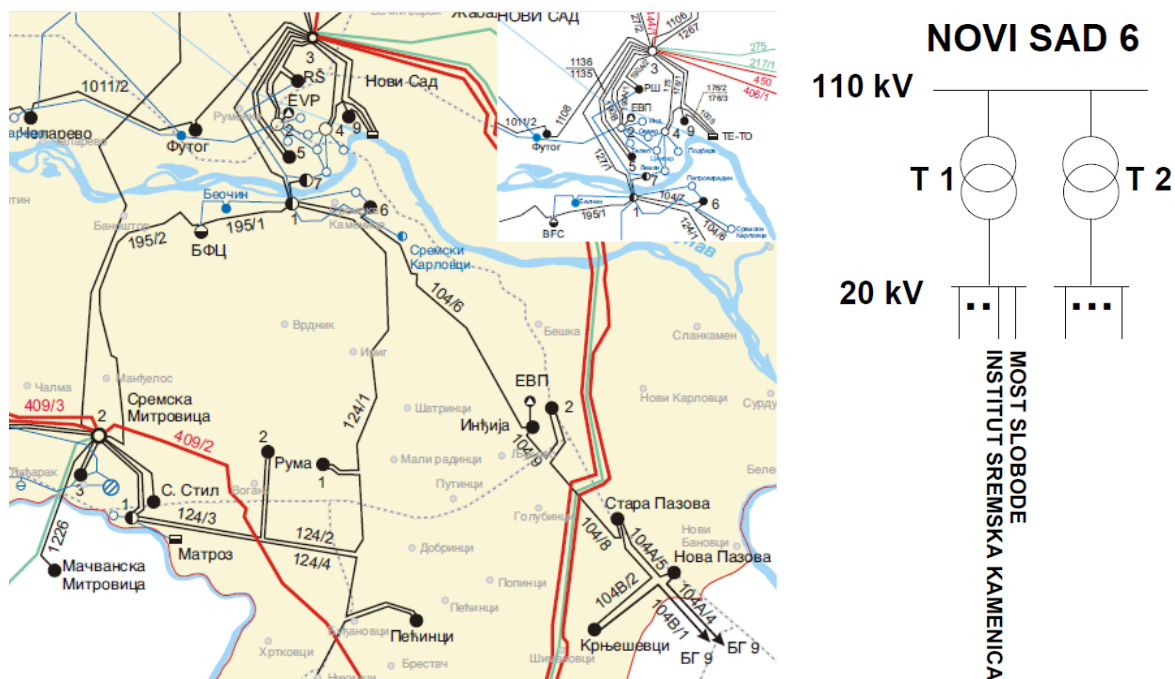
U toku planiranih radova često je neophodno izvršiti promenu uklopnog stanja elektroenergetskog sistema (EES), zavisno od toga gde se radovi izvode. U radu je prikazana posledica kvara u rekonfigurisanom stanju EES OPS u toku izvođenja planiranih radova. Kvar je za posledicu imao ispad nekoliko dalekovoda (DV) 110 kV. Izmenjeno uklopno stanje EES OPS nakon kvara, je imalo uticaj na elektroenergetske veličine u EES. Posledice stanja ovih događaja su pre svega imali osetljivi korisnici distributivnog sistema (KDS) u domenu kvaliteta

isporučene električne energije, kako pri ispadu, tako i pri uključenju pojedinih dalekovoda nakon lokalizacije kvara. Rad ima za cilj da ukaže na planiranje uspostavljanja EES nakon kvara, uzimajući u obzir kvalitet isporučene električne energije KDS, u mogućim sličnim scenarijima događaja.

## 2. OPIS UKLOPNOG STANJA PRI KOME SE DESIO KVAR

Planirani radovi po Zahtevu za isključenje broj R- 11-107/2 definišu radove na demontaži postojećeg provodnika i izolacije i montaži novog specijalnog provodnika i nove izolacije na DV 110 kV broj 104B/3 TS Beograd 5 – TS Krnješevci, od stuba broj 36 do stuba broj 83. Pored isključenja dalekovoda na kome se izvode radovi bilo je potrebno isključiti i dva 110 kV dalekovoda zbog blizine napona. To su DV 110 kV br. 104A/4 TS Beograd 9 – TS Nova Pazova i DV 110 kV br. 104A/3 TS Beograd 9 – TS Beograd 5.

U ovako rekonfigurisanom EES OPS, trafostanice 110/x kV TS Novi Sad 6, TS Indija, TS Indija 2, EVP Indija, TS Stara Pazova, TS Nova Pazova, TS Krnješevci su se napajali radialno preko DV 110 kV br. 104/7 iz pravca TS Novi Sad 1. TS Novi Sad 1 (sistem sabirnica 2 - SS2) je za razmatrano uklopno stanje imao vezu sa TS 440/220/110 kV Novi Sad 3, preko DV 110 kV broj 1217 TS Novi Sad 1 – TS Novi Sad 7, dok je sa TS 440/220/110 kV Sremska Mitrovica 2 imao vezu sa dve strane. To je veza preko DV 110 kV broj 195/1 TS BFC – TS Novi Sad 1 i preko DV 110 kV br. 124/1 TS Novi Sad 1 – TS Ruma 1. Na slici broj 1 je prikazan deo EES od interesa za ovaj rad.



Slika 1 - Deo EES od interesa

08.04. 2023. u 10:48 i 12:05, kao i 19.04 u 14:51 dolazi do kvarova u EES OPS koji za posledicu imaju uticaja na kvalitet isporučene električne energije kupcima na konzumu ODS.

## 3. ANALIZA STANJA EES

U radu će se analizirati stanje DEES na konzumu TS Novi Sad 6 koja pripada Ogranku ED Novi Sad. Slično stanje se desilo i na konzumima preostalih TS 110/x kV, navedenih u odeljku 2.

### 3.1 Događaji od 08.04.2023.

U 10:48 dolazi do ispada tri dalekovoda 110 kV. To su dalekovodi DV 110 kV br. 1217, DV 110 kV br. 1135 i DV 110 kV broj 195/1 u TS BFC.

Ispad DV 110 kV broj 195/1 u TS BFC nije registrovan daljinski niti se u trenutku kvara znalo da je i on ispao, jer TS BFC nije u sistemu daljinskog nadzora i upravljanja. U stanju nakon reagovanja određenih zaštita, dolazi do promene uklopnog stanja u EES OPS-a. Pored prethodno navedenih trafostanica (dela EES) koje su se radialno napajale preko DV 110 kV broj 104/7 iz pravca TS Novi Sad 1, nakon kvara navedeni deo EES se

radijalno napaja preko TS Ruma 1 i TS Ruma 2 iz pravca DV 110 kV br. 124/3 iz TS Mitrovica 1. Vrednost struje na DV 110 kV br. 124/3 raste na 760 A. Maksimalno dozvoljena struja ovog dalekovoda je 585 A, što ukazuje na preopterećenje dalekovoda u iznosu od 30 % <sup>[1]</sup>,

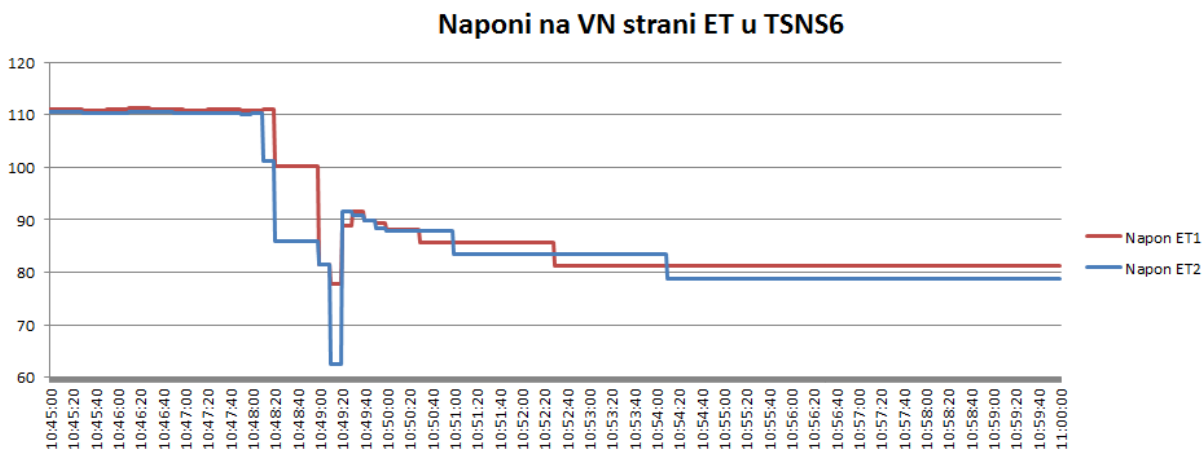
U delu EES koji se napaja iz pravca DV 110 kV broj 104/6 dolazi do naponskog sloma u TS Novi Sad 6, TS Indija, TS Indija 2, EVP Indija, TS Stara Pazova, TS Nova Pazova, TS Krnješevci. Na slici broj 2 je dat deo Elektronskog dnevnika događaja (EDD) zabeležen u dispečerskom centru ED Ruma.

14:51 19.04.2023	2023.04. 199 Opšti događaj	TS 110/20 kV "Indija 2", TS 110/20 kV "Indija", TS 110/20 kV "Stara Pazova", TS 110/20 kV "Nova Pazova", TS 110/20 kV "Krnješevci" Zbog kvara u N. Sadu od 14:51 - 15:08 je došlo do propada napona na 110KV bio je (70KV) Kreirao: PETAR MARKOVINOVIĆ 19.04.2023 16:31   Ažurirao: PETAR MARKOVINOVIĆ 19.04.2023 18:45
10:48 08.04.2023	2023.04. 78 Opšti događaj	Dolazi do pada napona na 110KV strani i do pada napona na 20KV strani na području Rume, Indije, S.Pazove i N.Pazove. Pad napona je trajao od 10:48 do 11:10. Kreirao: BOJAN BOŽIĆ 08.04.2023 11:27   Ažurirao: BOJAN BOŽIĆ 08.04.2023 15:40

Slika 2 - Deo EDD za ED Ruma

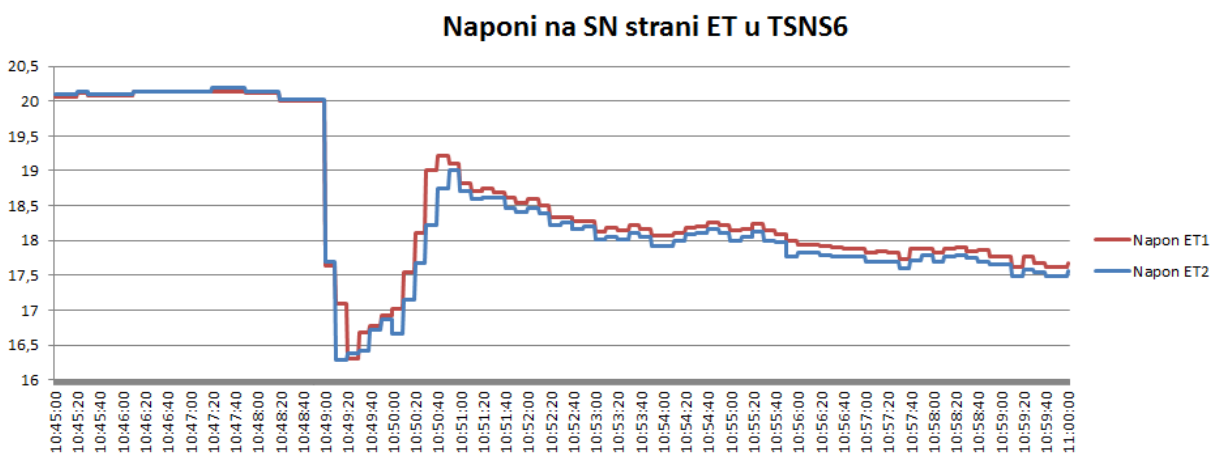
Nakon ispada napon na 110 kV strani u TS 110/35/20 kV Novi Sad 6 pada (Slika broj 3). Zabeležene vrednosti su preuzete iz Izveštajnog podsistema SCADA sistema, kreiranjem ANP izveštaja <sup>[2]</sup> sa vremenskom rezolucijom od 1 s. Minimalne vrednosti napona koje se beleže na 110 kV stranama energetskih transformatora 110/20 kV u TS Novi Sad 6 su:

- ET 1 = 77,79 kV
- ET 2 = 62,53 kV



Slika 3 – Naponi na VN strani ET1 i ET2

Stanje sa naponskim prilikama na srednjenaponskim stranama ovih transformatora je prikazano na slici broj 4.

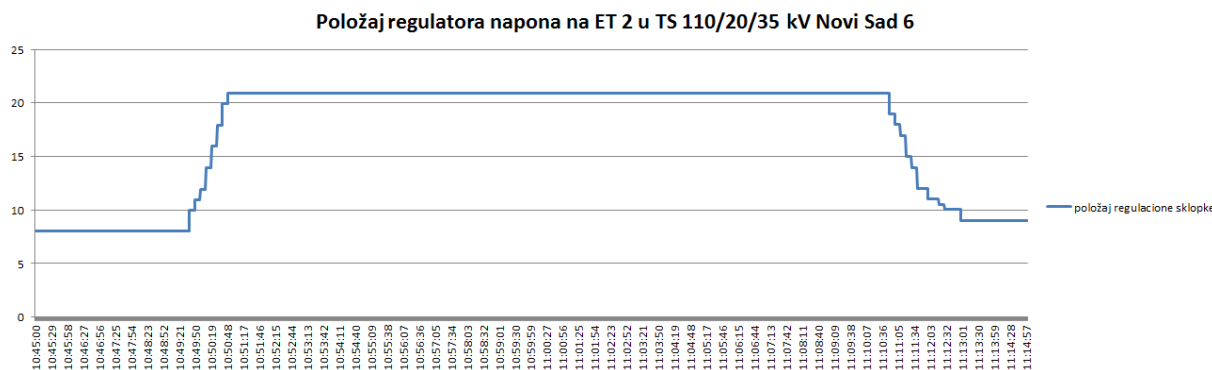


Slika 4 - Naponi na SN strani ET1 i ET2

Merenja preuzeta sa SCADA sistema pokazuju da su minimalne vrednosti napona na SN strani energetskih transformatora u TS Novi Sad 6 iznosile vrednosti od:

- ET 1 = 16,31 kV
- ET 2 = 16,28 kV

Regulatori napona na navedenim energetskim transformatorima su u automatskom režimu regulacije napona. Upravo ovakav izbor režima rada regulatora napona utiče da regulaciona sklopka regulatora napona, nakon sloma 110 kV napona u EES, automatski menja stanje. Sa pozicije 8 se povećava na poziciju 21, u roku od 2 minuta. Ova promena je takođe zabeležena u SCADA sistemu, i prikazana je za ET broj 2 na slici broj 5.



Nakon ispada dalekovoda i prelaznih procesa u sistemu 110 kV napona, isti se nakon 4-5 minuta ustaljuje na oko 80 kV, slika broj 3. Član 78, stav 7 Uredbe o isporuci električne energije definiše dozvoljeno odstupanje napona na naponskim nivoima 220 kV i 110 kV. Dozvoljeno odstupanje od nazivnog napona na naponskom nivoima: 220 kV i 110 kV je u rasponu između -10% i +11,8% [3]. Napon na 110 kV strani u TS 110/20/35 kV Novi Sad 6 je bio ispod donje granice definisane Uredbom o isporuci električne energije u trajanju od 21 minut.

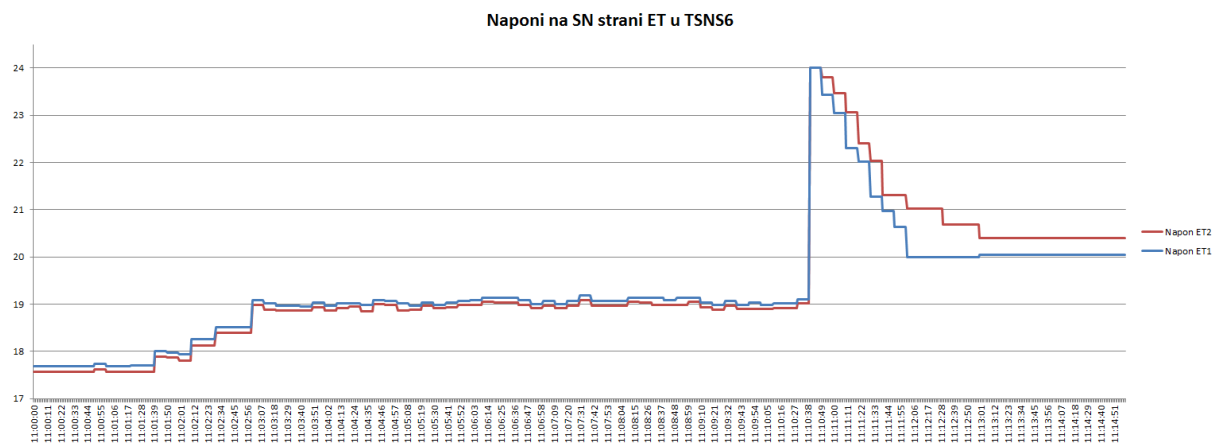
Nakon dostizanja pozicije 21 regulatora napona napon na SN strani ET 110/20 kV broj 2 raste na oko 19 kV (oko 10:50:40 sati, slika broj 4) da bi potom u narednih nekoliko minuta počeo da padati oko 10:55 pao ispod 18 kV. Slično stanje sa naponskim prilikama prati i ET 110/20 kV broj 1. Dozvoljeno odstupanje od nazivnog napona na naponskom nivoima: 35 kV, 20 kV i 10 kV i 230/400 V je  $\pm 10\%$  [4]. Naponi se kreću u granicama oko 17,5 kV, što je takođe napon ispod donje granice isporuke električne energije ODS na 20 kV naponskom nivou.

U skladu sa Pravilima o radu distributivnog sistema<sup>[5]</sup>, deo 5.3 Upravljanje radom distributivnog sistema, odeljak 5.3.2 navodi obaveze ODS (neke od stavki neophodnih za ovu analizu su):

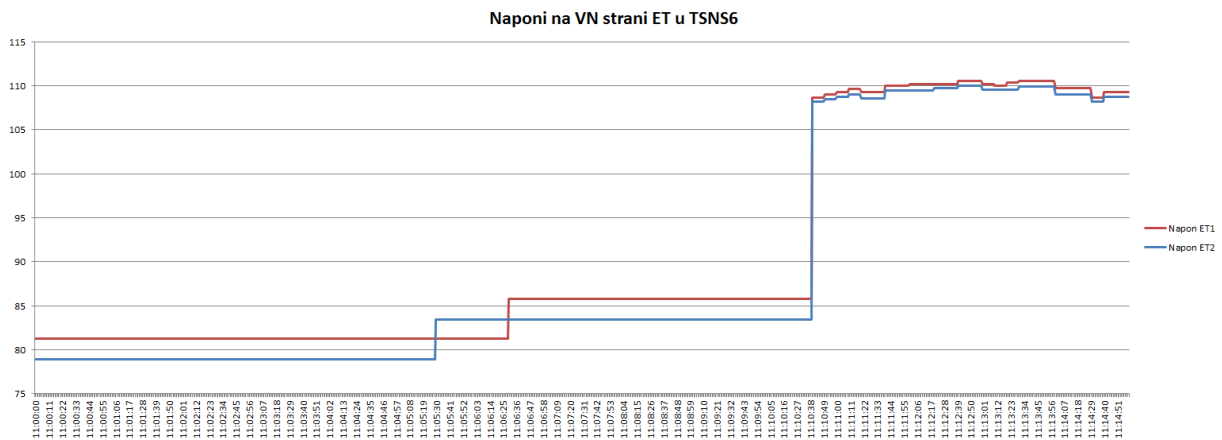
- 2) nadgledanje pogona i elemenata DS pri svim uklopnim stanjima;
- 3) sprovođenje mera kojima se održava normalan pogon distributivne mreže;
- 6) sprovođenje mera kojima se uspostavlja normalan pogon distributivne mreže nakon poremećaja;
- 8) registrovanje poremećaja i kvarova.

U skladu sa nevedenim obavezama Pravila o radu distributivnog sistema reaguje i smenski dispečer PDC Novi Sad. U 11:01 započinje isključivanje SN izvoda, manjeg prioriteta u TS 110/20/35 kV Novi Sad 6, kako bi umanjio efekat naponskog sloma u sredjenaponskoj mreži. Nakon isključenja nekoliko izvoda, napon na SN strani ET 110/20 kV u 11:02:56 dostiže vrednost oko 19 kV. Poboljšanje naponskih prilika je vidljivo na prvom stepenastom delu dijagrama prikazanog na slici broj 6. Napon u sredjenaponskoj mreži naponskog nivoa 20 kV se, nakon realizacije navedenih aktivnosti smenskog dispečera PDC Novi Sad, nalazi na nivou propisanim Uredbom o isporuci električne energije [4] (srednji deo dijagrama sa slike broj 6).

Na ovaj način realizuje se obaveza ODS definisana Pravilima o radu distributivnog sistema<sup>[5]</sup>, tačka 5.3.7 stav 1) navodi: Normalni pogon distributivne mreže je stanje u kojem, su naponi u dopuštenim granicama.



Regulator napona je i dalje na poziciji 21, u IPS SCADA sistem se samo prenosi podatak za ET broj 2, ali se iz dijagrama napona može pretpostaviti isti položaj i za ET broj 1. U 11:10 OPS uključuje 110 kV DV broj 1217. Napon na 110 kV strani TS Novi Sad 6 raste sa oko 85 kV na oko 108 kV, slika broj 7.



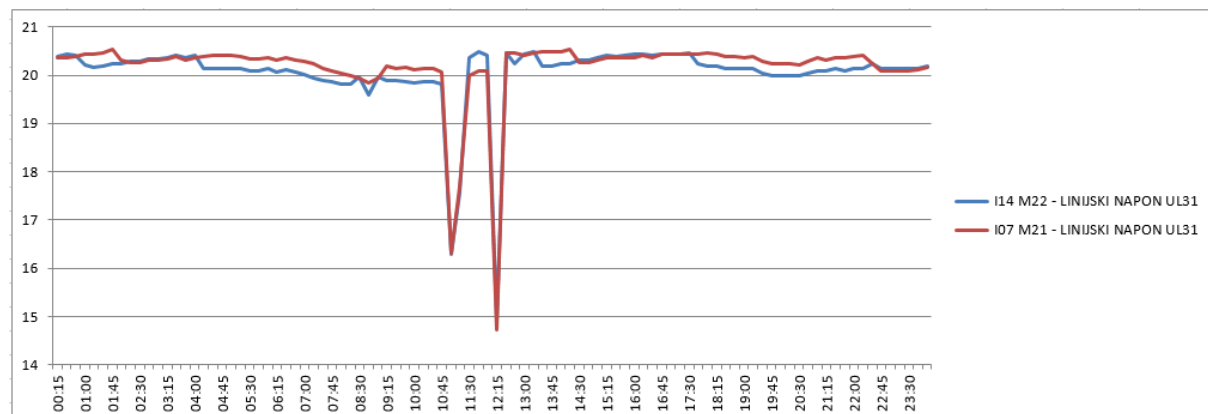
Slika 7 – Naponi na VN strani ET1 i ET2

Sa maksimalnom vrednošću regulatora napona na poziciji 21, napon na srednjenaponskoj strani energetskih transformatora skače na vrednosti koje su u SCADA sistemu takođe zabeležene, slika broj 6 (desni deo dijagrama, najveći skok vrednosti).

Sa dijagrama prikazanog na slici broj 6 se vidi maksimalno izmerena vrednost od 24 kV. Ova vrednost je maksimalna vrednost koju može da da merni pretvarač u trafostanici (+20%Un). Sasvim je moguće da je napon u periodu uključenja 110 kV DV broj 1217 bio i iznad izmerenih vrednosti od 24 kV prenetih u SCADA sistem na SN strani oba ET u TS Novi Sad 6. Na osnovu procenta porasta napona na primarnoj strani energetskih transformatora, u 11:10:40 u odnosu na vrednosti u 11:10:39, može se pretpostaviti da je napon na SN strani oba ET za položaj regulacione sklopke 21 i takav porast napona na VN stranama energetskih transformatora viši od 24 kV zabeleženih u SCADA sistemu. Svakako vrednosti napona ODS za naponski nivo 20 kV je ponovo van granica propisanih Uredbom o isporuci električne energije (18 kV do 22 kV), nakon uključenja DV 110 kV broj 1217.

U narednih tri minuta automatska regulacija napona oba ET automatski menja poziciju i sa pozicije 21 pada na poziciju 9, što i normalizuje naponske prilike u SN mreži TS 110/20/35 kV Novi Sad 6, slika broj 6 (desni deo dijagrama, nakon skoka napona).

Sličan scenario sa naponskim prilikama u istom delu EES se desio istog dana u 12:05, nakon ponovnog ispada DV 110 kV broj 1217 (pad napona ispod dozvoljene granice), kao i prilikom uključenja istog DV u 12:14 (porast napona iznad dozvoljene granice).



Slika 8 - Naponi na TS 110/20/35 kV Novi Sad 6 08.04.2023.

Sa detaljnog prikaza dijagrama sa slike broj 8 u okviru analize događaja beleži se pad napona na SN strani konzuma TS 110/20/35 kV novi Sad 6 na minimalnu vrednost toga dana, a koja je iznosila 14,73 kV na konzumu ET broj 1 i 14,93 kV na konzumu ET broj 2 u 12:15 sati 08.04.2023.

Stanje sa naponskim prilikama za oba ispada koja su se desila 08.04. su imala posledice po sve kupce električne energije na konzumu TS 110/20/35 kV Novi Sad 6.

Kupci su se žalili na stanje u toku naponskog sloma, ali posebno je negativan uticaj na njih imao skok napona, prilikom uključanja dalekovoda 110 kV, opisano u radu.

Osetljivi kupci sa konzuma posmatrane TS 110/20/35 kV Novi Sad 6 su Kovid bolnica na 20 kV izvodu Most slobode, Institut za plućne, kardiovaskularne i onkološke bolesti u Sremskoj Kamenici na 20 kV izvodu Institut Sremska K i drugi.

Žalbu ODS na kvalitet isporuke električne energije pismenim putem je uputila direktorka Instituta za plućne, kardiovaskularne i onkološke bolesti u Sremskoj Kamenici. U okviru Žalbe se navodi da je oba puta u toku dana 08.04. bila ugrožena kapitalna oprema Instituta. Veliki broj žalbi kupaca električne energije je upućen putem telefonskog poziva dispečerskom centru ED Novi Sad, kao i dispečerskom centru ED Ruma u toku dana 08.04.2024.

### 3.2 Događaj od 19.04.2023.

Planski uspostavljeno uklopno stanje dela prenosnog sistema podrazumevalo je radijalno napajanje TS Novi Sad 6, TS Indija, EVP Indija, TS Indija 2, TS Krnješevci, TS Stara Pazova i TS Nova Pazova iz pravca TS Novi Sad 1. Dok se TS Novi Sad 1 napajao iz pravca TS Sad 3 (preko TS N.Sad 5 i TS N.Sad 7) i TS S.Mitrovica 2 (preko TS BFC i TS Ruma1, TS Ruma 2 i TS S.Mitrovica 1).

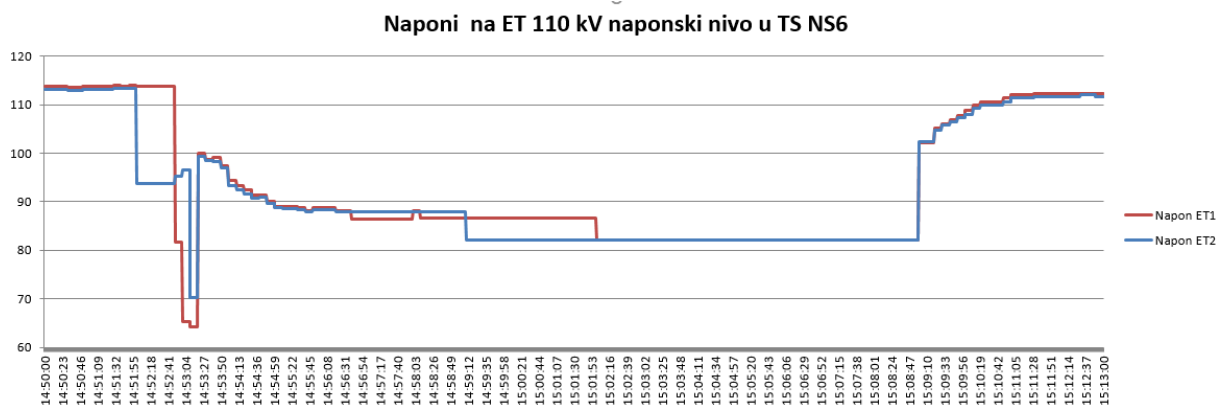
U 14:51 dolazi do ispada DV 110 kV br. 1217, DV 110 kV br. 1135 (APU uspešan) i DV 110 kV broj 195/2.

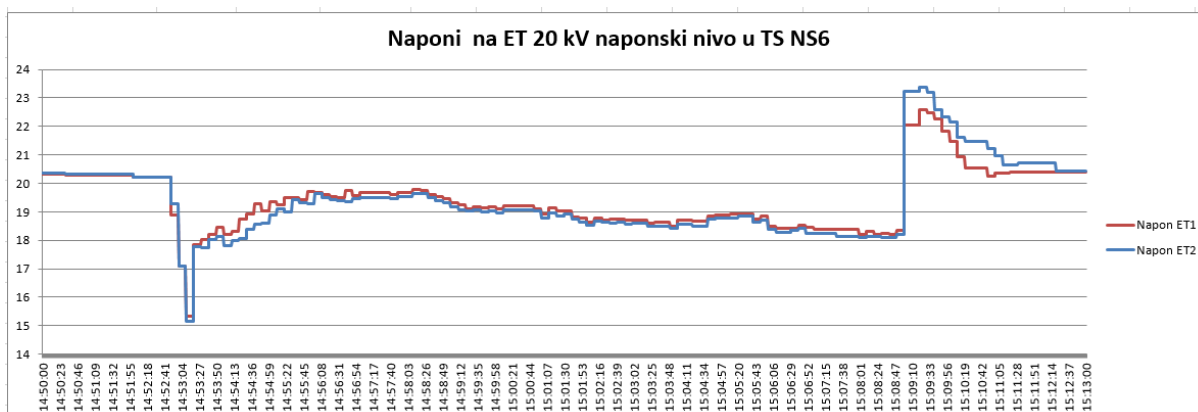
Posledica ispada navedenih dalekovoda je dovela do promenjenog uklopnog stanja posmatranog dela EES. Iz TS Sremska Mitrovica 1 po DV 110 kV broj 124/3 TS Sremska Mitrovica 1 – TS Ruma 2 napajaju se radijalno sledeće trafostanice: TS Ruma 2, TS Ruma 1, TS BFC, TS Novi Sad 6, TS Indija, EVP Indija, TS Indija 2, TS Krnješevci, TS Stara Pazova i TS Nova Pazova.

Opterećenje DV 110 kV broj 124/3 TS Sremska Mitrovica 1 – TS Ruma 2 je dostiglo vrednost od 784 A (I<sub>td</sub>=585A). Vrednosti napona u navedenim trafostanicama su bile van dozvoljenih granica definisanim Uredbom o isporuci električne energije kao i Pravilima o radu prenosnog sistema.

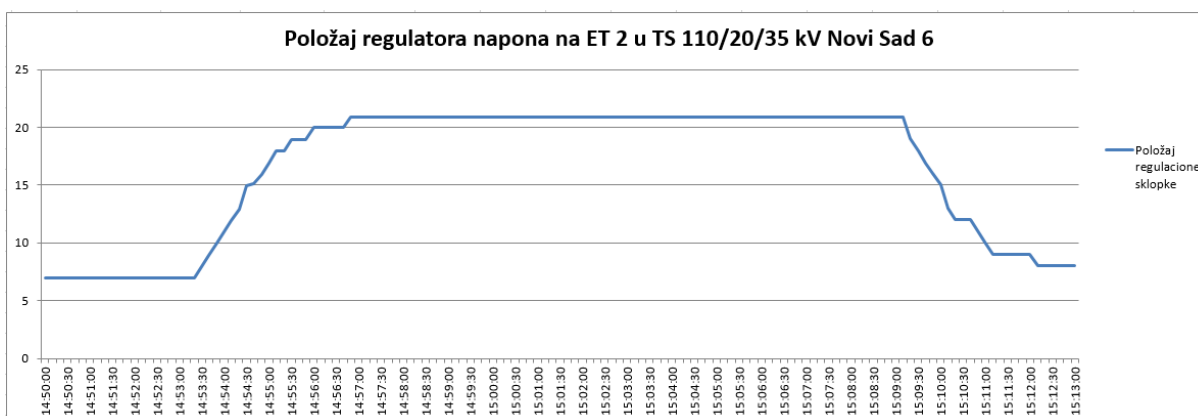
U 15:08 je uključen prekidač DV 110 kV br. 195/2 u TS Sremska Mitrovica 2 što dovodi do rasterećenja DV 110 kV broj 124/3 i normalizacije naponskih prilika u navedenom delu prenosnog sistema.

Na slici broj 9 je prikazan dijagram sa vrednostima napona na 110 kV naponskom nivou u TS Novi Sad 6 u trenutku ispada, kao i nakon uključanja DV 110 kV broj 195/2 u 15:08. Slika broj 10 predstavlja dijagram sa vrednostima napona na 20 kV naponskom nivou iste TS Novi Sad 6 u periodu od interesa za analizu, dok je na slici broj 11 prikazan položaj regulacione sklopke regulatora napona ET broj 2 u TS Novi Sad 6 u istom vremenskom intervalu.





Slika 10 - Naponi na SN strani ET1 i ET2



Slika 11 - Položaj regulatora napona

Merenja preuzeta sa SCADA sistema u TS 110/35/20 kV Novi Sad 6 pokazuju minimalne vrednosti napona pri ispadu i maksimalne nakon uključenja DV 110 kV broj 195/2 na VN i SN stranama ET1 i ET2, tabela broj 1.

Tabela 1 – Vrednosti napona

	VN		SN	
	ET1 (kV)	ET2 (kV)	ET1 (kV)	ET2 (kV)
Ispad Umin	64.25	70.27	15.32	15.16
Uključenje Umax	114.02	113.39	22.59	23.37

Nakon ispada, sve do uključenja DV 110 kV broj 195/2, u intervalu od 17 minuta, naponi na VN strani u TS 110/35/20 kV Novi Sad 6, su bili van granica definisanih Uredbom o isporuci električne energije (64,24 kV i 70,27 kV). Napon na SN strani analizirane TS je takođe van propisa u toku jednog dela navedenog vremenskog perioda. U trenutku normalizacije naponskih prilika u mreži 110 kV naponskog nivoa, naponi na SN stranama svih ET prelaze gornje granice definisane propisima. Dolazi do prenapona u SN mreži, kao i u prethodna dva slučaja od 08.04. Veliki broj korisnika distributivnog sistema ulaže žalbe, telefonski pozivom i pisanim žalbama u danima nakon poremećaja.

Nakon normalizacije naponskih prilika na 110 kV naponskom nivou i automatskog reagovanja regulatora napona na oba ET, u intervalu od oko 3 minuta naponi na SN strani energetskih transformatora u TS 110/35/20 kV Novi Sad 6 ulaze u opseg definisan zakonskim propisima.

#### 4. ZAKLJUČAK

Na osnovu analize stanja u EES, obrađenom u okviru tačke 3, zaključak je:

- Kvarovi u mreži OPS u toku planiranih radova u mreži OPS, utiču na kvalitet isporučene električne energije ODS korisnicima distributivnog sistema;
- U okviru Planova ograničenja isporuke električne energije<sup>[6]</sup>, definišu se mere za slučaj naponskog sloma (postojao u sva tri obrađena slučaja), kao i preopterećenja elemenata EES (DV 110 kV broj 124/3). Predlog je da se razmotre mere definisane navednim planovima u sličnim situacijama;

- Veliki broj KDS su uložili žalbe na prenapone (nakon normalizacije naponskih prilika u 110 kV mreži);
- Neophodno je reagovati u skladu sa Pravilima o radu distributivnog sistema<sup>[5]</sup>, deo 5.3 Upravljanje radom distributivnog sistema;
- Da bi se izbegli prenaponi u mreži ODS (naponski nivo 20 kV) nakon promene uklopnog stanja u mreži OPS i normalizacije naponskih prilika u mreži 110 kV naponskog nivoa, predlog je da se pre normalizacije napona na 110 kV nivou, sprovedu sledeće:
  1. prebaciti režim regulacije napona na energetske transformatorima 110/20 kV u režim ručno;
  2. smanjiti pozicije regulacione sklopke sa pozicije 21 na poziciju koja je bila na transformatorima pre kvara;
  3. ukoliko položaj regulacione sklopke nije moguće automatski regulisati iz dispečerskog centra, isključiti prekidač trafo polja 20 kV;
  4. uključiti DV naponskog nivoa 110 kV kojim se normalizuju naponske prilike u mreži ovog naponskog nivoa;
  5. uključiti prekidač trafo polja 20 kV (ukoliko je prekidač isključen).

Predložene aktivnosti su u cilju poboljšanja kvaliteta isporučene električne energije korisnicima distributivnog sistema u skladu sa zakonskom regulativom.

## LITERATURA

- [1] Izveštaj o ispadima DV 110kV, Direkcija upravljanja EMS a.d., april 2023.;
- [2] IPS Izveštajni podsistem, Tehničko uputstvo za kreiranje izveštaja, Institut Mihajlo Pupin Beograd, 2011,5;
- [3] i [4] Uredba o uslovima isporuke i snabdevanja električnom energijom, "Službeni glasnik RS", br. 84/2023 od 5.10.2023. godine, stupila je na snagu 13.10.2023., Član 78, 24;
- [5] Pravila o radu distributivnog sistema, EPS Distribucija d.o.o Beograd, jul 2017., 53;
- [6] Planovi ograničenja isporuke električne energije za 2023/2024 godinu., EMS AD Beograd, oktobar 2023.