

Rješavanje problematike preopterećenja KV 110 KV TS Sarajevo 7 – TS Sarajevo 14 u prenosnom sistemu

Predrag Šaraba, Suad Čolaković, Vanja Marjanović

Sektor za upravljanje/ Služba za nadzor i upravljanje EES

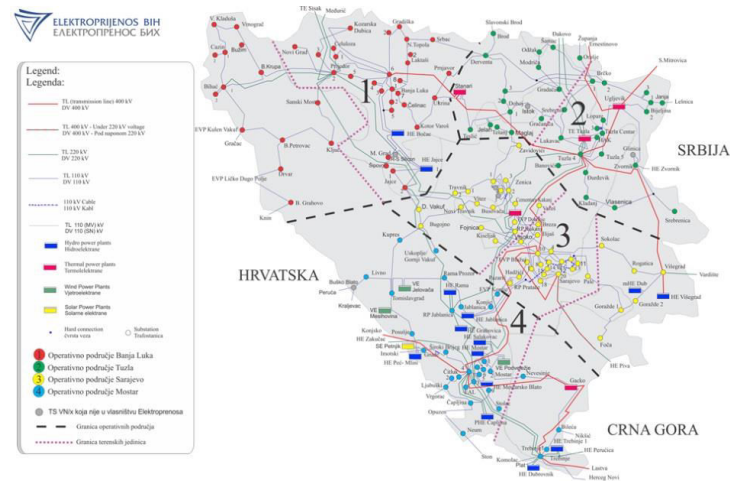
Elektroprenos - Elektroprijenos BiH a.d. Banja Luka

Sarajevo; Bosna i Hercegovina

predrag.saraba@elprenos.ba, suad.colakovic@elprenos.ba, vanja.marjanovic@elprenos.ba

Sažetak— U ovom radu će biti prikazan problem uzrokovan preopterećenjem kablovskog voda KV 110 kV TS Sarajevo 7 – TS Sarajevo 14 i način rješavanja istog. Naime, navedeni kablovski vod u prenosnoj mreži predstavlja „usko grlo“ na području grada Sarajeva te često se dešava da bude preopterećen. Preko ovog kablovskog voda se plasira energija iz HE Jablanica i HE Piva dalje u mrežu, te prilikom velike proizvodnje dolazi do problema sa preopterećenjem. Da bi se smanjilo preopterećenje potrebno je izvršiti određene manipulacije u mreži. Analizom događaja i načinom rada dispečerskog centra Operativnog područja Sarajevo identifikovana su određena rješenja kako spriječiti ispad ovog kabla i raspad prenosne mreže. Detaljno će biti opisane pogonske manipulacije i rješavanje navedenog problema kako bi se spriječili neželjeni ispadi na prenosnoj mreži.

Ključne riječi—ključna riječ 1; usko grlo 2; preopterećenje 3; kablovski vod

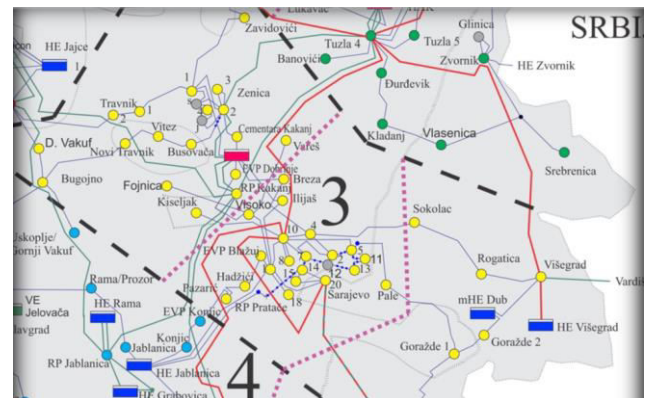


Slika 1. Mapa EES-a Bosne i Hercegovine

I. UVOD

Sistem prenosa električne energije u Bosni i Hercegovini je u nadležnosti upravljanja Nezavisnog operatora sistema Bosne i Hercegovine (NOS BiH). Po posebnom sporazumu upravljanje 110 kV prenosnom mrežom dodijeljeno je Elektroprenosu BiH koji gradi i održava prenosnu mrežu sva tri naponska nivoa, 400, 220 i 110 kV. Mrežom 110 kV, Elektroprenos BiH upravlja iz četiri dispečerska centra: Operativno područje Banja Luka, Operativno područje Tuzla, Operativno područje Sarajevo i Operativno područje Mostar (DC OP Banja Luka, DC OP Tuzla, DC OP Sarajevo, DC OP Mostar). Na Sl. 1 je prikazana karta EES-a Bosne i Hercegovine sa naznačenim operativnim područjima. Operativno područje Sarajevo (OP Sarajevo) obuhvata regije srednje Bosne, grada Zenice, sarajevske regije i istočne Bosne, što je prikazano na Sl. 2.

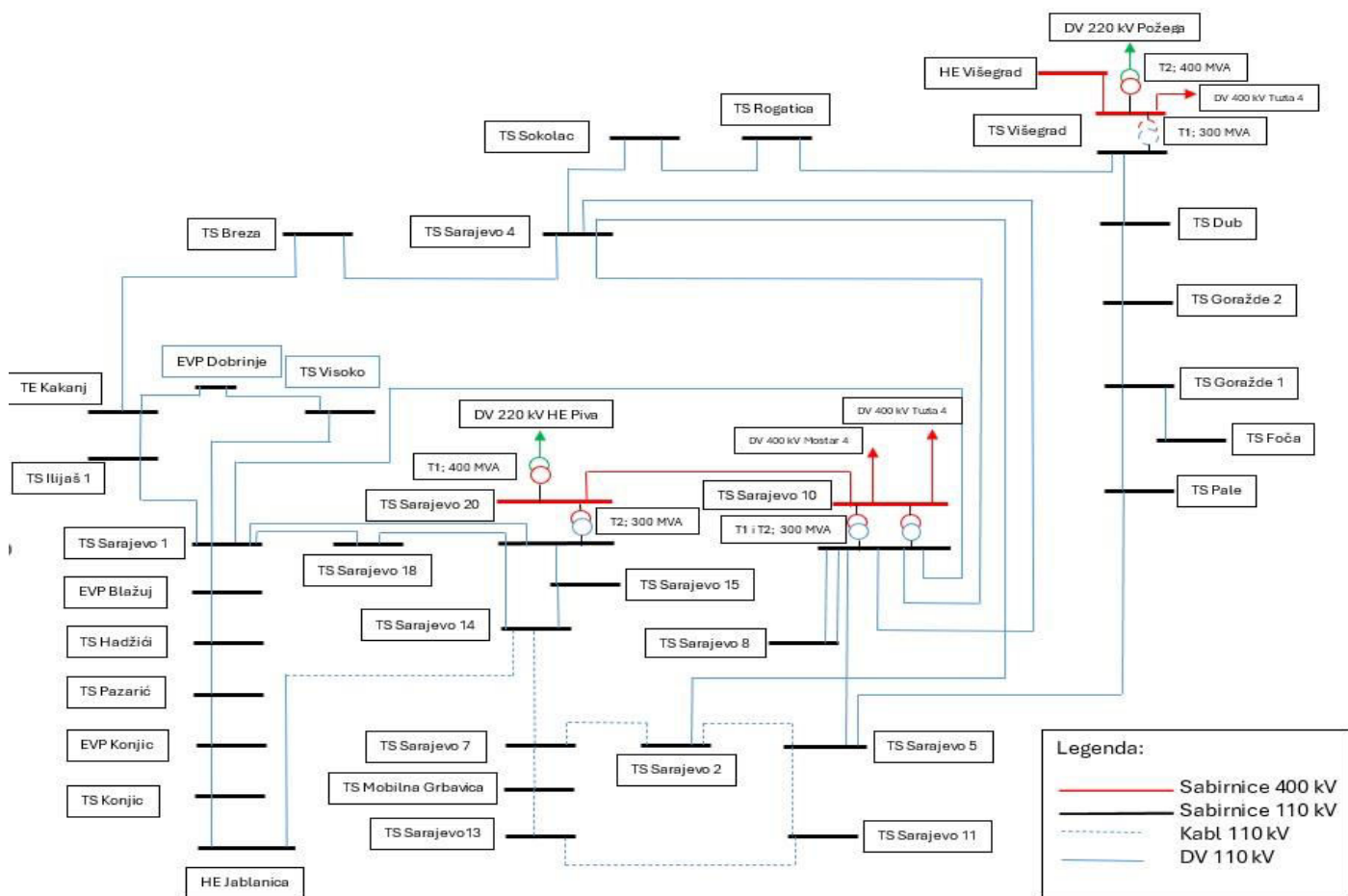
Elektreane koje su uvezane na prenosni sistem na dijelu Operativnog područja Sarajevo su HE Jablanica (6x30 MW), HE Višegrad (3x105 MW), TE Kakanj (2x110 MW i 4x32 MW), TE Kakanj V (230 MW) i crnogorska HE Piva (342 MW) koja je preko 220 kV dalekovoda povezana sa EES-om Bosne i Hercegovine u TS 400/x kV Sarajevo 20.



Slika 2. Prenosna mreža u nadležnosti Operativnog područja Sarajevo

II. PRENOSNA MREŽA SARAJEVSKE REGIJE

Kanton Sarajevo i šira sarajevska regija se najčešće napaja električnom energijom iz HE Jablanica, TE Kakanj, TE Kakanj V i HE Piva Čvrne trafostanice koje su bitne za ovu regiju su TS 400/x kV Sarajevo 10 i TS 400/x kV Sarajevo 20 koje su i međusobno povezane dalekovodom naponskog nivoa 400 kV, te je sve prikazano na Sl. 3.



Slika 3. Prenosna mreža šire sarajevske regije, Kantona Sarajevo i istočne Bosne

Energija iz HE Jablanica se plasira u sistem preko DV 110 kV HE Jablanica – TS Sarajevo 1, DV 110 kV HE Jablanica – TS Sarajevo 14 i preko petlje DV 110 kV HE Jablanica – TS Konjic – EVP Konjic – TS Pazarić – TS Hadžići – TS Sarajevo 1.

Energija iz TE Kakanj se plasira u sarajevsku regiju preko DV 110 kV TE Kakanj – TS Breza – TS Sarajevo 4, DV 110 kV TE Kakanj – TS Ilijaš 1 – TS Sarajevo 1, i DV 110 kV TE Kakanj – EVP Dobrinje – TS Visoko – TS Sarajevo 1. Iz navedenog se zaključuje da je i TS 110/x kV Sarajevo 1 čvorna TS u 110 kV mreži koja je povezana 110 kV dalekovodima sa gore navedenim TS 400/x kV Sarajevo 10 i TS 400/x kV Sarajevo 20.

HE Piva plasira energiju preko DV 220 kV HE Piva – TS Sarajevo 20 i transformatora T1; 400/220 kV; 400 MVA, te se preko transformatora T2; 400/110 kV; 300 MVA plasira u 110 kV mrežu. TS 400/x kV Sarajevo 20 je preko 110 kV dalekovoda uvezana sa TS Sarajevo 1, TS Sarajevo 14, TS Sarajevo 15 i TS Sarajevo 18.

HE Višegrad energiju plasira u 400 kV mrežu preko TS Višegrad, ali zbog havarije na T1; 400/110 kV; 300 MVA u TS Višegrad nije moguće plasirati energiju u 110 kV mrežu istočne Bosne pa eventualno dalje u sarajevsku regiju preko dalekovoda DV 110 kV TS Višegrad – TS Rogatica – TS Sokolac – TS Sarajevo 4 i DV 110 kV TS Višegrad – TS Dub – TS Goražde 2 – TS Goražde 1 – TS Pale – TS Sarajevo 5.

III. TEHNIČKE KARAKTERISTIKE

A. Tehničke karakteristike kablovskog voda 110 kV TS Sarajevo 7 – TS Sarajevo 14

Trasa 110 kV kabla od TS 110/x kV Sarajevo 14 do TS 110/x kV Sarajevo 7 prolazi cijelim dijelom kroz urbano područje grada. Dužina trase iznosi 2258 metara i podijeljena je na tri dionice. Kabl je proizvođača Siemens 2XS (FL) 2Y 1x400RM/60 mm² 64/110 kV. Tehničke karakteristike kabla su navedene u tabeli I.

TABELA I. TEHNIČKE KARAKTERISTIKE KABLA 2XS (FL)
2Y 1x400RM/60 mm² 64/110 kV

Osnovne karakteristike	Vrijednosti
Nazivni napon U_0/U	64/110 kV
Maksimalni napon U_m	123 kV
Nazivna frekvencija	50 z
Ispitni napon:	
- Industrijske frekvencije	160 kV za 30 min
- Impulsnim naponom	550 kV
Sistem uzemljenja	Direktno uzemljeno
Provodnik	Bakar
Poprečni presjek provodnika	400 mm ²
Izolacioni materijal	XLPE
Metalni ekran	Bakarne žice 60 mm ²
Vodonepropusna izolacija:	
- Podužna	Poluprovodna traka koja nabubri u dodiru sa vlagom
- Radijalna	Lisnata metalna folija PE – aluminijum - PE
Masa kabla	8 kg/m
Otpornost provodnika:	
- DC otpornost na 20°C	47 $\mu\Omega$ /m
- AC otpornost na 90°C	61,8 $\mu\Omega$ /m
Maks. dozvoljena temperatura provodnika:	
- U normalnim uslovima	90 °C
- Pri vanrednom opterećenju	105 °C
- Pri protoku struje kratkog spoja	250 °C
Vrijednost trajne struje:	
- Trolist formacija – cross -bonded	615 A
- Horizontalna formacija – cross – bonded	659 A
- Trolist formacija – oba kraja uzemljena	577 A
- Horizontalna formacija – oba kraja uzemljena	534 A
Vrijednost struje kratkog spoja za 1 sec:	
- Provodnik	57,2 kA
- Bakarni ekran	10,4 kA
- Aluminijaska folija	3,7 kA

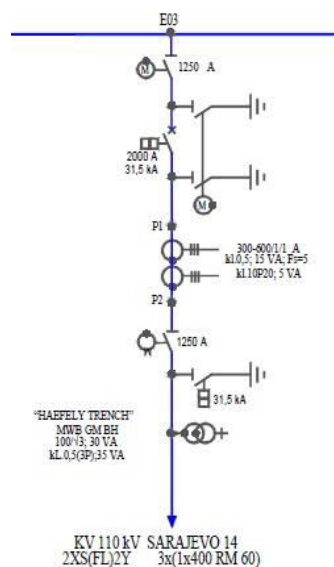
B. Tehničke karakteristike KV 110 kV Sarajevo 14 u TS 110/x kV Sarajevo 7

Postrojenje 110 kV je metalom oklopljeno, gasom SF₆ izolovano postrojenje (MOP ili GIS) unutrašnje izvedbe. Smješteno je na spratu komandno-pogonske zgrade. Sva polja su jednopolno oklopljena, osim sabirnica koje su trolpolno oklopljene. Na krajevima sabirnica su ugrađeni uzemljivači sabirnica pripadajuće sekcije. Na svakoj sekciji sabirnica je ugrađeno mjerno polje 110 kV.

Kablovsko polje KV 110 kV Sarajevo 14 je opremljen sljedećom opremom:

- Sabirnički rastavljač sa trolpolnim elektromotornim pogonom (Q1)
- Uzemljivač sabirničkog rastavljača s trolpolnim elektromotornim pogonom (Q51)
- Prekidač sa trolpolnim elektrohidrauličkim pogonskim mehanizmom (Q0)
- Uzemljivač prekidača s trolpolnim elektromotornim pogonom (Q52)
- Strujni mjerni transformatori u sve tri faze
- Linijski (izlazni) rastavljač sa trolpolnim elektromotornim pogonom (Q9)
- Brzi uzemljivač sa trolpolnim elektromotorno-opružnim pogonom (Q8)
- Induktivni naponski mjerni transformator u srednjoj fazi
- Tri jednopolno oklopljene kablovske uvodnice za priključak tri jednopolno izolovane kablovske završnice

Jednopolna šema kablovskog polja KV 110 kV Sarajevo 14 je prikazan na Sl. 4.



Slika 4. Jednopolna šema KV 110 kV Sarajevo 14

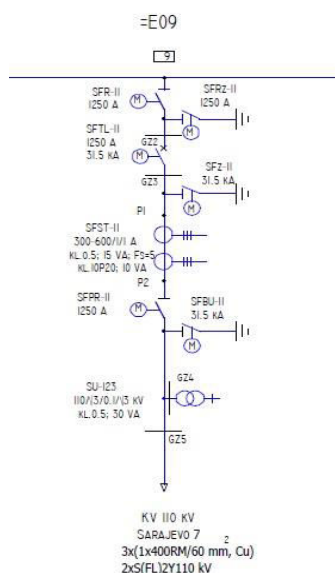
C. Tehničke karakteristike KV 110 kV Sarajevo 7 u TS 110/x kV Sarajevo 14

Kablovsko polje je opremljeno sljedećom opremom:

- Sabirnički rastavljač sa elektromotornim pogonskim mehanizmom (Q1)
- Rastavljač za uzemljenje (uzemljivač sabirničkog rastavljača) sa elektromotornim pogonskim mehanizmom (Q51)
- Prekidač sa elektromotornim pogonskim mehanizmom (Q0)

- Rastavljač za uzemljenje (uzemljivač prekidača) sa elektromotornim pogonskim meh. (Q52)
- Strujni mjerni transformatori u sve tri faze
- Izlazni (linijski) rastavljač sa elektromotornim pogonskim mehanizmom (Q9)
- Brzi uzemljivač sa elektromotornim opružnim pogonskim mehanizmom (Q8)
- Naponski mjerni transformator u jednoj fazi za indicaciju napona
- Tropolno oklopljeni priključak za montažu tri jednopolno izolovane kablovske završnice

Jednopolna šema kablovskog polja KV 110 kV Sarajevo 7 je prikazan na Sl. 5.



Slika 5. Jednopolna šema KV 110 kV Sarajevo 7

IV. PRIMJERI PREOPTEREĆENJA I POGONSKI DOGAĐAJI

Prvi primjer preopterećenja predmetnog kabla desio se 19.05.2021. godine. Naime, u toku dana izvršeno je plansko isključenje DV 400 kV TS Sarajevo 10 – TS Sarajevo 20 u 08:42 h. Nakon toga dolazi do povećanja opterećenja na kablju KV 110 kV TS Sarajevo 7 – TS Sarajevo 14 od 103 MW (535 A). Do naglog skoka je došlo zbog povećane proizvodnje energije iz HE Piva i HE Jablanica. Nakon isključenja DV 400 kV TS Sarajevo 10 – TS Sarajevo 20, sva energija iz HE Piva je otišla u 110 kV mrežu čime je opterećenje naglo skočilo na predmetnom kablju. Zbog toga DC NOS BiH u dogovoru sa dispečerskim centrom Elektroprenosa BiH – Operativno područje Sarajevo (DC OP Sarajevo) isključuje DV/KV 110 kV HE Jablanica – TS Sarajevo 14 u 08:57 h čime je opterećenje na kablju opalo na cca. 70 MW. U 14:31h je uključen DV 400 kV TS Sarajevo 10 – TS Sarajevo 20 a zatim DV/KV 110 kV HE Jablanica – TS Sarajevo 14 u 14:37 h te

se time normalizuje uklopno stanje u mreži kao i tokovi snage.

Sljedeći pogonski događaj desio se naredni dan, opet nakon planskog isključenja DV 400 kV TS Sarajevo 10 – TS Sarajevo 20 u 08:55 h. Odmah nakon toga u 08:57 h zbog preopterećenja došlo je do ispada predmetnog kabla KV 110 kV TS Sarajevo 7 – TS Sarajevo 14. Opterećenje na kablju je iznosilo 115,5 MW. Nakon ispada, opet po odluci DC NOS BiH, isključen je DV/KV 110 kV HE Jablanica – TS Sarajevo 14 u 09:08 h da bi se smanjio dotok energije u TS Sarajevo 14, te je u 09:09 h uključen KV 110 kV TS Sarajevo 7 – TS Sarajevo 14. To uklopno stanje je ostalo sve do uključenja DV 400 kV TS Sarajevo 10 – TS Sarajevo 20 u 14:50 h, a potom je uključen i DV/KV 110 kV HE Jablanica – TS Sarajevo 14 u 14:56 h.

Dana 05.11.2021. godine došlo je do velike poplave u TS 400/x kV Sarajevo 10 usljed velikih padavina. Zbog tog događaja i predhavariskog stanja isključeni su postepeno sva polja u navedenoj trafostanici. Prvo je isključen DV 110 kV TS Sarajevo 1 – TS Sarajevo 10 u 10:07 h. Treba navesti da je od prije bio van pogona DV 110 kV TS Pazarić – EVP Konjic koji je dio petlje koji povezuje HE Jablanicu sa sarajevskom regijom. Time je došlo do preopterećenja na predmetnom kablju i on ispada u 10:09 h jer je velika proizvodnja energije iz HE Jablanica preko DV/KV HE Jablanica – TS Sarajevo 14 stigla na sabirnice u TS 110/x kV Sarajevo 14. Pored toga u 10:10 h dolazi do ispada DV 110 kV TE Kakanj – TS Breza zbog preopterećenja (cca. 132 MW), što dovodi do raspada sistema u sarajevskoj regiji i istočnoj Bosni. U 10:16 h je uključen DV 110 kV TE Kakanj – TS Breza, čime se postepeno opterećuje mreža i normalizuje uklopno stanje. U 10:43 h je uključen KV 110 kV TS Sarajevo 7 – TS Sarajevo 14. Zbog navedene poplave i isključenja svih polja u TS 400/x kV Sarajevo 10 u 11:00 h dolazi opet do preopterećenja KV 110 kV TS Sarajevo 7 – TS Sarajevo 14 u 11:13 h i on ispada iz pogona. Za njim opet ispada DV 110 kV TE Kakanj – TS Breza u 11:17 h te opet dolazi do raspada sistema sarajevske regije i istočne Bosne. U 11:26 h je uključen DV 110 kV TE Kakanj – TS Breza, a u 11:36 h KV 110 kV TS Sarajevo 7 – TS Sarajevo 14 i time se postupno normalizuje uklopno stanje. U toku dana u 13:28 h je vraćen u pogon DV 110 kV TS Pazarić – EVP Konjic i time je donekle smanjeno opterećenje na predmetnom kablju. Naredni dan 06.11.2024. godine se u TS 400/x kV Sarajevo 10 preko pomoćnog sistema sabirnica 400 kV pravi privremena veza DV 400 kV TS Sarajevo 20 – TS Tuzla 4 u 15:09 h. U toku narednog dana, zbog velike proizvodnje iz hidroelektrana HE Piva i HE Jablanica ali i isključenih 110 kV polja u TS 400/x kV TS Sarajevo 10 dolazi do povišenih tokova snaga u mreži što odmah ugrožava predmetni kabl. U 16:54 h isključen je DV 110 kV TS Sarajevo 7 – TS Sarajevo 2 i uključen u 16:59 h, a u 16:56 h je isključen privremeni DV 400 kV TS Sarajevo 20 – TS Tuzla 4. Po odluci DC NOS BiH je u 20:09 h uključen privremeni DV 400 kV TS Sarajevo 20 – TS Tuzla 4 te time dolazi opet do naglog skoka opterećenja na

predmetnom kablju. Opterećenje na KV 110 kV TS Sarajevo 7 - TS Sarajevo 14 nakon uključanja privremenog DV 400 kV TS Sarajevo 20 - TS Tuzla 4 iznosilo 90 MW. DC OP Sarajevo donosi odluku i izvršava probu preusmjerenja tokova snaga u slučaju daljeg povećanja tereta. Nakon isključenja DV 110 kV Sarajevo 2 u TS Sarajevo 7 u 20:12 h i KV Sarajevo 13 u TS Sarajevo 11 u 20:13 h, opterećenje na KV 110 kV TS Sarajevo 7 - TS Sarajevo 14 iznosilo 43 MW, opterećenje na DV 110 kV TE Kakanj - TS Breza iznosilo 83 MW. Izvršeno uključanje KV 110 kV Sarajevo 13 u TS Sarajevo 11 u 20:13 h i isključenje KV 110 kV Sarajevo 11 u TS Sarajevo 5 u 20:14 h. Opterećenje na KV 110 kV TS Sarajevo 7 - TS Sarajevo 14 iznosilo 58 MW, a na DV 110 kV TE Kakanj - TS Breza iznosilo 69 MW. Nakon toga normalizovano uklopno stanje u 20:18 h. Narednog dana 08.11.2021. godine, DC OP Sarajevo opet donosi odluku da sarajevsku regiju razdvoji na dva dijela time što su isključeni 08:24 h DV 110 kV TS Sarajevo 7 - TS Sarajevo 2 i KV 110 kV TS Sarajevo 5 - TS Sarajevo 11 da bi se spriječio preopterećenje predmetnog kabla i moguća opet raspad sistema. Nakon normalizovanja uklopnog stanja u TS 400/x kV Sarajevo 10 u 15:15 h, uključeni su i gore pomenuti dalekovodi u 15:44 h odnosno 15:46 h.

U narednom primjeru ćemo vidjeti primjer urađenih manipulacija koje su izvršene prilikom povećanog opterećenja na predmetnom kablju. Naime, 28.11.2023. godine dolazi do naglog povećanja opterećenja na kablju, preko 100 MW zbog povećane proizvodnje energije u HE Jablanica i HE Piva zbog visokih vodostaja. DC OP Sarajevo je donio odluku da izvrši manipulacije isključenja kako bi sarajevsku regiju razdvojio na dvije cjeline. U ovom slučaju imamo i problem sa poljem DV 110 kV Pale u TS 110/x kV Sarajevo 5. Ovo polje je neraspoloživo zbog havarije na istom, te je nakon toga oformljen privremeni dalekovod DV 110 kV TS Sarajevo 10 - TS Sarajevo 5 - TS Pale koji je u normalnom stanju isključen u TS 110/x kV Sarajevo 5 te imamo direktan DV 110 kV TS Sarajevo 10 - TS Pale, koji je uključen 09:32 h i u TS 110/x kV Sarajevo 5 zbog povećanja pouzdanosti 110 kV mreže. U 09:33 h je isključen DV 110 kV TS Sarajevo 7 - TS Sarajevo 2, a u 09:34 h je isključen KV 110 kV TS Sarajevo 11 - TS Sarajevo 13. Time se smanjuje opterećenje na predmetnom kablju na cca. 65 MW. Ovo uklopno stanje ostaje sve do 01.12.2024. godine kada se u 17:14 h uključuju navedena dva dalekovoda i isključuje privremeni DV 110 kV TS Sarajevo 10 - TS Sarajevo 5 - TS Pale ali samo u TS 110/x kV Sarajevo 5.

Još jedan primjer preopterećenja predmetnog kabla desio se isključenjem DV 400 kV TS Sarajevo 10 - TS Sarajevo 20 zbog planskih radova. 24.04.2024. godine u 08:02 h isključen je navedeni dalekovod. U toku dana dolazi do skoka opterećenja na predmetnom kablju cca. 102 MW, te DC OP Sarajevo opet donosi odluku da izvrši manipulacije po već oprobanoj metodi. U 12:05 h je uključen privremeni DV 110 kV TS Sarajevo 10 - TS Sarajevo 5 - TS Pale i u TS 110/x kV

Sarajevo 5, a u 12:08 h su isključeni DV 110 kV TS Sarajevo 7 - TS Sarajevo 2 i KV 110 kV TS Sarajevo 11 - TS Sarajevo 13, te je opterećenje kabla iznosilo 68 MW. Nakon što je uključen DV 400 kV TS Sarajevo 10 - TS Sarajevo 20 u 16:40 h, uključeni su DV 110 kV TS Sarajevo 7 - TS Sarajevo 2 i KV 110 kV TS Sarajevo 11 - TS Sarajevo 13 u 16:42 h i isključen je privremeni DV 110 kV TS Sarajevo 10 - TS Sarajevo 5 - TS Pale u TS 110/x kV Sarajevo 5 u 16:43 h i time se normalizuje uklopno stanje u mreži.

ZAKLJUČAK

Upravljanje EES-om u realnom vremenu predstavlja veliku odgovornost i iziskuje donošenje pravovremenih odluka u trenutku bez prava na grešku, jer se mogu izazvati nesagledive posljedice kako za sistem tako i za same potrošače. U opisu primjera u kojima je došlo do preopterećenja predmetnog kabla, vidimo da se to najčešće dešava u situaciji kada se isključuje DV 400 kV TS Sarajevo 10 - TS Sarajevo 20 ili kada su na HE Piva i HE Jablanica visoke proizvodnje energije u trenucima velikih količina padavina. DC OP Sarajevo je svojim angažovanjem uspio da određenim manipulacijama koje su opisane smanji opterećenje kabla a da pri tome ne ugrozi rad prenosnog sistema. Da bi se ovi problemi riješili i da ne bi dolazilo do ovih manipulacija, jedno od rješenja je vraćanje u pogon transformatora T1; 400/110 kV; 300 MVA u TS 400/x kV Višegrad, koji bi stabilizovao 110 kV mrežu, ali i vraćanje u pogon dvosistemskog DV 2x110 kV TS Sarajevo 20 - TS Sarajevo 13 koji je van pogona još od rata u Bosni i Hercegovini te se ne može uključiti dok se nerekonstruiše ali i dok se ne riješe imovinsko - pravni odnosi zbog nelegalne gradnje objekata u trasi dalekovoda.

ABSTRACT

In this paper, the problem with the overloading of the cable line KV 110 kV TS Sarajevo 7 - TS Sarajevo 14 and the way to solve the problem will be presented. Namely, the mentioned cable line in the transmission network is a "bottleneck" in the area city of Sarajevo and it often happens to be overloaded. Through this cable line, the energy from HPP Jablanica and HPP Piva is placed further into the network, and during large production there is a problem with overloading. In order to reduce the overload, it is necessary to do some manipulation in the network. By analyzing the events and the way the dispatch center of the Sarajevo Operational Area works, certain solutions were found to prevent the failure of this cable and the breakdown of the transmission network. Operating manipulations and solving the mentioned problem will be described in detail in order to prevent unwanted outages on the transmission network.

SOLVING THE PROBLEM OF OVERLOADING CABLE LINE 110 KV TS SARAJEVO 7 - TS SARAJEVO 14 IN THE TRANSMISSION SYSTEM

Predrag Šaraba, Suad Čolaković, Vanja Marjanović