

Matej Kolarik, mag. ing. el.  
HEP ODS d.o.o. Elektroistra Pula  
[matej.kolarik@hep.hr](mailto:matej.kolarik@hep.hr)

mr. sc. Siniša Jergović, dipl. ing. el.  
HEP ODS d.o.o. Elektroistra Pula  
[sinisa.jergovic@hep.hr](mailto:sinisa.jergovic@hep.hr)

Dalibor Gržinić, dipl. ing.  
HEP ODS d.o.o. Elektroistra Pula  
[dalibor.grzinic@hep.hr](mailto:dalibor.grzinic@hep.hr)

Dino Jakovčić, dipl. ing. el.  
HEP ODS d.o.o. Elektroistra Pula  
[dino.jakovcic@hep.hr](mailto:dino.jakovcic@hep.hr)

## REKONSTRUKCIJA 110/35/10(20) KV TRANSFORMATORSKE STANICE I PRELAZAK NA 20 KV NAPONSKU RAZINU

### SAŽETAK

Električna distribucijska mreža i postrojenja priobalnih gradova nalaze se pred velikim izazovima uslijed stalnog rasta vršnih opterećenja ponajviše zbog povećanja turističkih kapaciteta i novih priključaka. Srednjonaponska mreža na širem području grada Rovinja do 2018. godine bila je u pogonu s dvije naponske razine (35 i 10 kV) kada se nakon dugogodišnjih priprema izvršio prelazak mreže 10 kV i 35 kV na jedinstvenu naponsku razinu 20 kV te je istovremeno ukinuta transformacija 35/10 kV odnosno uvedena direktna transformacija 110/20 kV. Neposredno prije prelaska na 20 kV bilo je potrebno izvršiti rekonstrukciju TS 110/35/10(20) kV Turnina sa zamjenom energetskih transformatora te djelomičnu rekonstrukciju postrojenja 35 kV i 10 kV. U referatu su opisani tijek rekonstrukcije TS, pripreme za prelazak mreže kao i provedba prelaska na 20 kV.

**Ključne riječi:** 20 kV napon, direktna transformacija 110/20 kV, uzemljenje neutralne točke, rekonstrukcija transformatorske stanice.

## RECONSTRUCTION OF 110/35/10(20) KV SUBSTATION AND TRANSITION TO 20 KV VOLTAGE LEVEL

### SUMMARY

The distribution grid of coastal cities is confronted with many challenges due to high power consumption. The Distribution grid of the city Rovinj used to be on 35 and 10 kV voltage level all until 2018. Due to a high power load, many 10/0,4 kV substations and voltage drops the grid was switched to a uniform voltage level. In addition to switching voltage level it was necessary to do a reconstruction of substation 110/35/10(20) kV Turnina by changing old power transformers and part of medium voltage switchgear. In this paper there are explained needed preparations for the transition, reconstruction of the substation, separation with Croatian TSO, execution of transition to a higher voltage level and neutral grounding of the grid.

**Key words:** 20 kV voltage level, direct transformation 110/20 kV, neutral grounding, reconstruction of the substation.

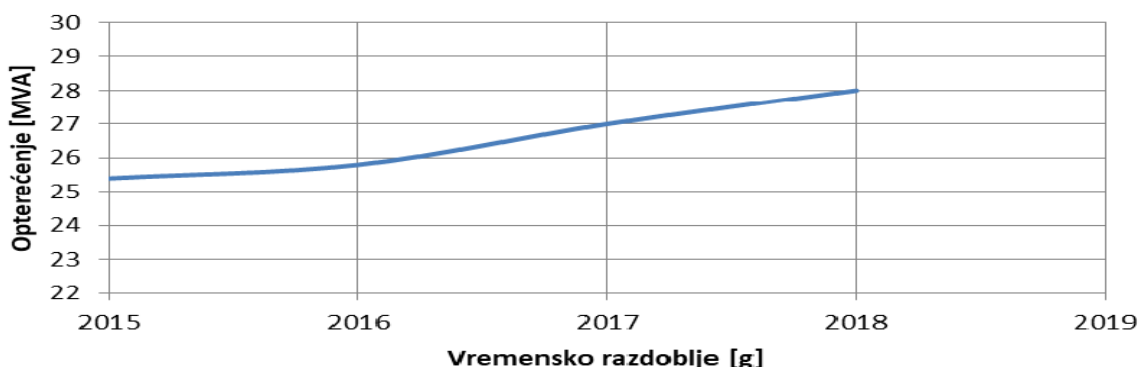
## 1. UVOD

Tema referata je opisati izazove koji su bili pred autorima referata tijekom završnih priprema i provedbe prelaska TS 110/35/10(20) kV Turnina i pripadne srednjonaponske mreže na napon 20 kV. Distribucijska elektroenergetska mreža TS 110/20 kV nalazi se na zapadnoj obali istarskog poluotoka od Limskog kanala na sjeveru do mjesta Bala na jugu te napaja električnom energijom šire područje grada Rovinja i okolna naselja. Rovinj je poznata turistička destinacija te je izuzetno važno tijekom ljetnih mjeseci osigurati kvalitetnu, sigurnu i pouzdanu opskrbu električnom energijom brojnih turističkih i ugostiteljskih objekata te kupaca općenito. Glavna napojna točka predmetne mreže je TS 110/35/10(20) kV Turnina izgrađena 1989. godine u kojoj su bila ugrađena dva transformatora nazivne snage 20 MVA. Iz TS Turnina napajalo se TS 35/10(20) kV Rovinj pomoću dva voda 35 kV. Instalirana snaga transformacije iznosila je 2x8 MVA. Zbog visokog opterećenja transformatora tijekom ljetnih mjeseci (28,5 MVA, kolovoz 2017. godine), ne udovoljavanja kriterija pouzdanosti N-1, kao i dotrajalosti transformatora 110/35 kV neposredno prije prelaska izvršena je zamjena energetskih transformatora s jedinicama snage 40 MVA. Tijekom rekonstrukcije TS izvršen je prelazak mreže 10 i 35 kV na jedinstveni napon 20 kV, te nakon okončanja prelaska na 20 kV, ugašen je napon 35 kV te izvršena zamjena drugog transformatora. Istovremeno je zamijenjen sustav zaštite, signalizacije, mjerenja i upravljanja transformatora 110/20 kV. Sukladno načelima razgraničenja između HEP-ODS-a i HOPS-a transformatorska polja uvedena su u SCADA sustav Elektroistre Pula. U prvom dijelu rada prikazane su osnovne značajke distribucijske mreže područja Rovinja, potom pripremni radovi, rekonstrukcija TS, kao i tijekom te način prelaska mreže na 20 kV.

## 2. OSNOVNE ZNAČAJKE DISTRIBUCIJSKE MREŽE ROVINJA

### 2.1. Stanje napajanja prije prelaska na 20 kV

Prelaskom susjednih područja na 20 kV napon (TS 110/20 kV Vinčent 2006. godine i TS 110/20 kV Funtana 2015. godine), 35 kV i 10 kV mreža Rovinja postala je izolirani „otok“ okružen mrežom naponske razine 20 kV i time ostala bez mogućnosti ispomoći iz okolnih transformatorskih stanica u slučaju kvara u TS 110/35/10(20) kV Turnina ili neraspoloživosti jednog transformatora 110/35 kV u vrijeme visokih opterećenja tijekom ljetne sezone. Na slici 1 je prikazan trend porasta vršnog opterećenja TS 110/35/10(20) kV Turnina u razdoblju tri godine prije rekonstrukcije. U kolovozu 2017. godine opterećenje transformacije u TS Turnina bilo je više od 27 MVA te pri navedenim opterećenju nije osiguran n-1 kriterij niti uz dopušteno kratkotrajno preopterećenje transformatora.



Slika 1. Prikaz porasta vršnog opterećenja TS 110/35/10(20) kV Turnina 2015.-2018.g.

Izvor: Izradio autor

Iz gore navedenih razloga bilo je potrebno pristupiti zamjeni postojećih transformatora 20 MVA radi osiguranja pouzdanog napajanja što je bilo iskorišteno za nabavku novih transformatora 110/20 kV snage 40 MVA.

Postojeće napajanje 10 kV mreže je bilo iz TS 110/35/10(20) kV Turnina te iz TS 35/10(20) kV Rovinj koja se nalazi u širem centru grada Rovinja. U tablici I. su navedene nazivne snage transformatora

koji su korišteni za transformaciju i napajanje distributivne SN mreže prije prelaska na 20 kV naponsku razinu.

Tablica I. Ugrađeni transformatori u TS 110/35/10(20) kV Turnina i TS 35/10(20) kV Rovinj prije rekonstrukcije

Naziv trafostanice	Nazivni napon	Nazivna snaga transformatora
TS 110/35/10(20) kV Turnina	110/35/10 kV	20/20/6,6 MVA
	110/35 kV	20 MVA
	35/10 kV	2x8 MVA
TS 35/10(20) kV Rovinj	35/10 kV	2x8 MVA

Postojeće transformatore u 110/35/10 kV Turnina HEP-ODS je nakon razgraničenja preuzeo od HOPS-a. Tercijarni namot jednog transformatora 110/35 kV koristio se za napajanje dijela mreže 10 kV tijekom vršnih opterećenja te za potrebe rezervnog napajanja u slučaju neraspoloživosti transformatora 35/10 kV. Navedeni transformator bio je star 46 godina i u izrazito lošem stanju te kao takav predstavljao najrizičniji dio postrojenja i najveću ugrozu sigurnosti napajanja. Za napajanje 10 kV sabirnica u TS 110/35/10(20) kV Turnina koristila su se dva transformatora 35/10 kV snage 8 MVA i prema potrebi navedeni tercijar transformatora TR2.

Napajanje TS 35/10(20) kV Rovinj izvedeno je preko dva 35 kV voda (kabelski i kombinirano kabelski-nadzemni) koji nakon prelaska na 20 kV napon zadržavaju ulogu glavnog napajanja bivše TS 35/10 kV Rovinj. Ukidanjem 35 kV naponske razine, TS 35/10(20) kV Rovinj je postalo rasklopište sa zaštitnim i upravljačkim funkcijama.

SN postrojenje u TS 110/35/10(20) kV Turnina izvedeno je od tvornički izrađenih zrakom izoliranih sklopnih ćelija proizvodnje IMP Slovenske Konjice sa dva sustava sabirnica 10(20) kV i 35 kV. Tijekom projektiranja transformatorske stanice postrojenje je posloženo na način da je omogućeno relativno jednostavno povezivanje sabirnica postrojenja 10(20) kV sa sabirnicama 35 kV. SN postrojenje u TS 110/35/10(20) kV Turnina je ogledan primjer kvalitetnog i mudro promišljenog postrojenja što je bilo od velike važnosti odnosno pomoći pri ovom zahvatu.

## 2.2. Podaci o mreži

Na području Rovinja nalazi se 129 distribucijskih TS 10(20)/0,4 kV od kojih je 28 u tuđem vlasništvu. Tuđe transformatorske stanice pretežito su u vlasništvu turističkih tvrtki. Sve navedene TS je bilo potrebno prethodno pripremiti za prelazak te ujedno najaviti i koordinirati zamjenu opreme u TS u tuđem vlasništvu. Na području grada Rovinja i okolice nalazi se više od 13.000 obračunskih mjernih mjesta te se bilježi njihov značajni porast.

SN mreža na području Rovinja izvedena je od 88 km kabelskih vodova te 33 km nadzemnih vodova. Kao posljedica veličine kableske mreže kapacitivna struja iznosila je približno 80 A za mrežu 10 kV napajanu iz TS 110/35/10(20) kV Turnina koja je bila u pogonu s izoliranom neutralnom točkom Neutralna točka u TS 35/10(20) kV Rovinj bila je u pogonu uzemljena pomoću malooskog otpornika i ograničena na 150 A. Očekivana kapacitivna struja zemljospoja nakon prelaska na 20 kV je oko 280 A pa je prije prelaska na 20 kV napon planirano uzemljenje neutralne točke paralelnim spojem malooskog otpornika i ručno podesive prigušnice što je tipizirano rješenje za uzemljenje neutralne točke mreže 20 kV na području Elektroistre.

## 3. PRIPREMNI RADovi

Priprema za prelazak sa 10 kV na 20 kV naponsku razinu je dugotrajan i opsežan proces. Pripremni radovi uključuju zamjenu dotrajale srednjonaponske opreme te prethodno naponsko ispitivanje izolacije kabela u svrhu dijagnostike.

### 3.1. Zamjena opreme u SN mreži

Tijekom pripreme je bilo potrebno zamijeniti sve distributivne transformatore koji nisu preklopivi na 20 kV, zamijeniti svu preostalu opremu 10 kV u TS i nadzemnim vodovima što zahtjeva kvalitetnu tehničku dokumentaciju i pregled mreže. U Elektroistri se od 1975. godine ugrađuje isključivo oprema nazivnog napona 20 kV. Zbog tadašnje tehnologije i raspoložive opreme u distributivnim transformatorskim stanicama ugrađivani su zrakom izolirani sredjonaponski blokovi koji su bili nazivnog napona 20 kV, ali zbog dugotrajnog negativnog utjecaja slanog morskog zraka zamijenjeni su sa SF6 plinom izoliranim blokovima nazivnog napona 20 kV. Korištenjem kompaktnih blokova omogućena je ugradnja većeg broja vodnih polja te se povezivanjem sa susjednim trafostanicama povećava pouzdanost napajanja zbog višestrukih veza što je od izuzetne važnosti prilikom kvarova na pojedinim kabelskim dionicama.

Osim zamjene transformatora i SN blokova još dugotrajniji proces je zamjena 10 kV kabela koje je dodatno otežano zabranom radova tijekom turističke sezone. Iskopi i građevinski radovi u starogradskoj jezgri su posebno zahtjevni. Osim kabela 10 kV posebna pozornost je bila usmjerena na starije kabele sa EHP izolacijom koji su prema iskustvu iako nominalno nazivnog napona 20 kV pokazali se prilično nepouzdanima kod prelaska s napona 10 kV na 20 kV. Razlozi za to su degradacija izolacije zbog stvaranja „vodenih grančica“ te proboj odmah ili kratko vrijeme nakon puštanja pod napon 20 kV.

U tablici II. prikazana je količina opreme koja je zamijenjena s ciljem minimiziranja rizika od mogućeg kvara tijekom prelaska na 20 kV. Kvar tijekom prelaska mreže na 20 kV dodatno dovodi do opterećenja djelatnika i mogućnosti pogreške i krivog manevra odnosno odluke u takvim situacijama. Stoga je priprema i eliminacija svih problematičnih mjesta u mreži ključna u pripremi prelaska.

Tablica II. Količina zamijenjene opreme na području Rovinja od 1.2016 do 4.2018.

Naziv opreme	Zamijenjena količina
Transformatori	7 kom.
SN blokovi	25 kom.
Kabeli	15 km

Prema podacima iz tablice II može se zaključiti da je potreban velik broj prekida napajanja kupaca kako bi se moglo zamijeniti transformatore, SN blokove te uvlačenje i izrada odgovarajućih spojnica na kabelima. Olakšavajuća okolnost pri zamjeni opreme je ta što je veći broj transformatora u pogonu bio preklopiv na 20 kV pa nije bilo potrebe za zamjenom istih.

### 3.2. Naponsko ispitivanje izolacije kabela

Osim prethodne zamjene 10 kV kabela i odvodnika prenapona, naponski su ispitane sve kabelske dionice kako bi se utvrdila ispravnost za rad na naponu 20 kV napon. Naponska ispitivanja kabela provedena su pomoću kabelskih mjernih kola DC naponom 34 kV u trajanju 15 minuta. Ispitivanje je provedeno na svim kabelima starijim od 20 godina i onima na kojima je već bilo proboja koji nisu uzrokovani mehaničkim uzrocima (iskopi). Tijekom ispitivanja izolacije kabela došlo je do proboja četiri dionice od kojih su dvije zamijenjene novim kabelima (zamijenjeni su kabeli s izolacijom EHP) dok je na ostale dvije bilo potrebno izraditi kabelske spojnice nakon čega su zadovoljile naponsko ispitivanje.

## 4. REKONSTRUKCIJA TS 110/35/10(20) kV TURNINA

U TS 110/35/10(20) kV Turnina bila su instalirana dva transformatora 110/35 kV snage 20 MVA dok je na jednom bio izveden tercijarni namot (TR2) koji se koristio za napajanje postrojenja 10 kV. Navedeni transformator u doba pred rekonstrukciju bio je starosti 46 godina i u lošem stanju izolacije namota. Na slici 1 prikazan je trend porasta vršnog opterećenja TS nekoliko godina prije rekonstrukcije, tijekom ljetne sezone 2017. u kolovozu je postignuto vršno opterećenje transformacije 110/35 kV od 27 MVA. Ispad bilo kojeg transformatora (bilo 110/35 kV ili 35/10 kV) iz pogona tijekom takvih tereta dovelo bi do ozbiljnih poteškoća u pogonu te se pristupilo pripremi zamjene transformatora sa jedinicama snage 40 MVA koji bi odmah bili prikladni za buduće stanje pogona odnosno za direktnu transformaciju 110/20 kV.

Istovremena zamjena transformatora te rekonstrukcija TS Turnina radi ugradnje novih transformatora kao i istovremeni prelazak kompletne mreže na 20 kV postavljalo je otežavajući čimbenik na cijeli projekt ali istovremeno i pravi izazov za sve sudionike u tom procesu.

#### 4.1. Razgraničenje sa HOPS-om

Osim predviđene ugradnje novih transformatora 110/20 kV, bilo je potrebno istovremeno pristupiti razgraničenju sa Hrvatskim operatorom prijenosnog sustava (HOPS) sukladno načelima razgraničenja iz 2013. godine. Nova sekundarna oprema za upravljanje, nadzor, zaštitu i regulaciju napona transformatora 110/20 kV ugrađena je u zasebnim samostojećim ormarima u zajedničkoj prostoriji sekundarne opreme. Upravljanje i zaštita transformatora je u nadležnosti HEP ODS-a te dogovorene signale i informacije iz postrojenja prosljeđuju se HOPS-u među računalnom vezom.

#### 4.2. Rekonstrukcija 35 i 10(20) kV polja u TS 110/35/10(20) kV Turnina

Postrojenje 35 i 10(20) kV izvedeno je od metalom oklopljenih, zrakom izoliranih ćelija s dva sistema sabirnica. Primarna oprema ugrađena u 10 kV postrojenju je predviđena za 20 kV nazivni napon. Svi strujni i naponski mjerni transformatori su predviđeni za 20 kV nazivni napon.

Uvođenjem direktne transformacije 110/20 kV te zbog prelaska na jedinstveni 20 kV napon očekivan je značajan poraste kapacitivne struje koja prema proračunu iznosi 280 A. Iz prethodnog razloga nužno je bilo uzemljenje neutralne točke i djelomična kompenzacija kapacitivne struje 20 kV mreže. Specifična situacija za područje Elektroistre je da su energetske transformatori 110/10(20) kV grupe spoja YNd5 zbog čega se mreža 10 i 20 kV mora uzemljiti preko umjetno stvorene neutralne točke. Iz tog razloga se za uzemljenje mreže 20 kV pristupilo zamjeni kućnih transformatora s novima kojima je primarni namot u spoju razlomljena zvijezda (Z) i služi kao umjetno stvorena neutralna točka preko koje se provodi uzemljenje mreže 20 kV. Takvo zvjezdište uzemljeno je posredno preko malooskog otpornika i paralelno spojene ručno podesive prigušnice. Prilikom rekonstrukcije ugrađena su dva transformatora vlastite potrošnje sa mogućnošću spajanja na oba sistema sabirnica. Također su ugrađena i dva zasebna sistema za uzemljenje i kompenzaciju mreže kako bi se moglo istovremeno voditi odvojeni pogon mreže i ostvariti veću fleksibilnost u vođenju pogona. Ugrađeni su novi otpornici od 240  $\Omega$  koji ograničavaju struju kvara na 50 A te prigušnice raspona kompenzacije kapacitivne struje zemnog spoja od 100 do 300 A.

Temeljem ranijih iskustava pri prelasku sa 10 kV na 20 kV naponsku razinu zamijenjeni su svi 20 kV provodni izolatori proizvođača TSN od ćelija prema sabirnicama. Navedeni izolatori pokazali su se kao nepouzdana sa velikim brojem proboja na naponu 20 kV te su preventivno zamijenjeni novima proizvođača KUVAG Austrija koji su svoju kvalitetu dokazali u TS 110/20 kV Poreč.

Početak ožujka 2018. godine za vrijeme najmanjih godišnjih opterećenja pristupilo se zamjeni transformatora. Prvo je zamijenjen TR2 110/35/10 kV te je time oslobođena pripadna 10 kV ćelija koju se prilagodilo za prihvat kabela s novog transformatora. Za vrijeme zamjene transformatora TR2 napajanje kompletne mreže 35 kV je s TR1 110/35 kV te se 10 kV mreža napajala s transformatora 35/10 kV. Navedeno polje je privremene namjene koje je ukinuto nakon rekonstrukcije trafo polja 35 kV koje postaje konačno trafo polje 20 kV br. 2. Oslobođanjem 10 kV ćelije trafo polja, zamijenjeni su strujni mjerni transformatori te su se izvodile preinake za prihvat tri kabela po fazi. Osim primarne opreme pristupilo se zamjeni sekundarne opreme te je ugrađen novi uređaj za nadzor, upravljanje, signalizaciju i relejnu zaštitu REF630 proizvođača ABB te terminal RET650 za zaštitu transformatora, upravljanje i nadzor aparata u trafo polju 110 kV. Istovremeno su se odvijali slijedeći radovi: zamjena energetskog transformatora snage 40 MVA, prilagodba opreme u 10(20) kV ćeliji, ugradnja i ožičenje novog ormara za regulaciju napona, upravljanje, nadzor, zaštitu i signalizaciju novog transformatora 110/10(20) kV, zamjena staničnog računala koji podržava više komunikacijskih protokola i koristi novu verziju Prozanet-a. Prilikom zamjene staničnog računala potrebno je bilo generirati sve signale i izvršiti upravljanje sa aparatima u svim poljima.

Transformatorsko polje 35 kV TR2 je tijekom prelaska na 20 kV rekonstruirano i predviđeno za konačno trafo polje 20 kV u koju su preseljeni kabeli iz privremenog trafo polja 20 kV što je napravljeno nakon puštanja u pogon drugog transformatora 110/20 kV. U trafo polju 35 kV zamijenjena je sva primarna oprema od spojnih vodiča, strujnih i mjernih transformatora kao i sabirnički rastavljači. Ugrađen je i novi prekidač ABB tip VD4 nazivne struje 1600 A i terminal polja REF630.

Na području Elektroistre koristi se mrežno tonfrekventno upravljanje (MTU) za prebacivanje visoke i niske tarife te za uključivanje upravljane potrošnje. MTU je bio ugrađen na 35 kV naponsku

razinu, bilo je potrebno prespojiti MTU na 20 kV nazivni napon te pripremiti za uklop na odvojeni sistem sabirnica.

Neposredno prije početka prelaska na napon 20 kV prethodilo je povezivanje sabirnica sistema 2 postrojenja 35 kV i 10 kV. Na taj način su formirane sabirnice 20 kV koje će se napajati s novo ugrađenog transformatora 110/20 kV. Time je omogućeno u TS Turnina istovremeno korištenje napona 10, 20 i 35 kV napona pri kojem se sistem sabirnica br.2 koristio isključivo za 20 kV napon na koji su postupno prelazila vodna polja 10 i 35 kV.

Nakon završetka radova na zamjeni te ispitivanjem svih funkcionalnosti pristupilo se puštanju transformatora TR2 u prazni hod te terećenju. Nakon završenih provjera i ispitivanja transformatora TR2 u pogonu kao 110/10 kV isti je prespojen na 20 kV te je time TS 110/35/10(20) Turnina postala spremna za početak prelaska na 20 kV.

## **5. PRIJELAZ MREŽE SA 10 KV NA 20 KV NAPONSKU RAZINU**

Postupak prelaska mreže na 20 kV započeo je prespajanjem novo ugrađenog transformatora 110/10(20) kV na spoj 110/20 kV. Na sabirnice 20 kV (sistem 2) priključeno je 20 kV mjerno polje i polje MTU te su prema definiranoj dinamici vodna polja prelazila na 20 kV. Za potrebe prelaska nabavljene su izolacijske ploče za sve ćelije koje su tijekom prelaska mreže na 20 kV postavljene u potrebne sabirničke rastavljače sistema 1 radi osiguranja od slučajnog zatvaranja oba rastavljača i kratkog spoja između različitih naponskih razina.

Nakon prespajanja energetskog transformatora, bilo je potrebno promijeniti parametre relejne zaštite, prespojiti strujne mjerne transformatore te ispitati uređaje relejne zaštite. U mjernom polju je izvršeno prespajanje naponskih mjernih transformatora na 20 kV naponsku razinu. Jedan transformator vlastite potrošnje spojen je na 20 kV napon pomoću kojega se putem maloomskog otpornika izvelo uzemljenje 20 kV mreže.

### **5.1. Koordinacija i priprema za prelazak**

Osim obimne tehničke pripreme za prelazak bilo je potrebno i operativno organizirati dinamiku prelaska mreže na 20 kV. Posebna pažnja pridodana je koordinaciji između dispečera koji je vodio timove i osoblja na terenu koji su uključeni u radove na terenu. Velika važnost je pridodana sigurnosti osoblja na način da su sve informacije jednoznačno i jasno prenesene te su svi telefonski kontakti međusobno razmijenjeni u slučaju nejasnoća ili nepovoljnih situacija. Također je osigurano više pomoćnika i telefonskih linija za dispečera kako bi se osigurala dostupnost dispečera u svakom trenutku.

Za prelazak je osigurano tri tima po dva montera koja su vršili prespajanje transformatora 10(20)/0,4 kV na 20 kV nazivni napon, dva tima za ispitivanje uređaja relejne zaštite, jedan tim za prespajanje strujnih i naponskih mjernih transformatora na SN obračunskim mjernim mjestima te jedan tim za izvođenje manevara po 10(20) kV mreži. Zadaća svakog tima je u određeno vrijeme biti u zadanoj TS te izvršiti manevar prema nalogu dispečera. Zatim se isključuju niskonaponski izlazi te se osigurava mjesto rada i prima dopusnica za rad. Preklopka na transformatoru stavlja se na položaj za 20 kV nazivni napon te se izvršila regulacija napona postavljanjem preklopke u zadani položaj. Nakon radova na transformatoru potrebno je promijeniti SN osigurače prema nazivnoj snazi transformatora. U pojedinim trafostanicama se koriste samo napajajući releji i prekidači koji u slučaju kvara isključuju transformator. Bilo je provedeno prepodešenje i ispitivanje releja te se nakon izvršenih radova vraća dopusnica za rad i uklanjaju se sigurnosne naprave. U dogovoru sa dispečerom izvode se manevri kojim se TS pušta na napon 20 kV napon te se potom uključuje transformator. Nakon uključjenja u prazni hod transformatora mjeri se napon na niskonaponskoj (skraćeno NN) strani te se u slučaju odstupanja napona od zadanih vrijednosti ponavlja postupak kako bi se promijenio položaj naponske preklopke i napon u praznom hodu bio u granicama 235-240 V. Ukoliko je napon zadovoljavajući, uključuju se NN izlazi odnosno potrošači te se ponavlja mjerenje napona. Dispečera se izvještava o uspješnosti prelaska transformatorske stanice te se tim upućuje prema drugoj transformatorskoj stanici.

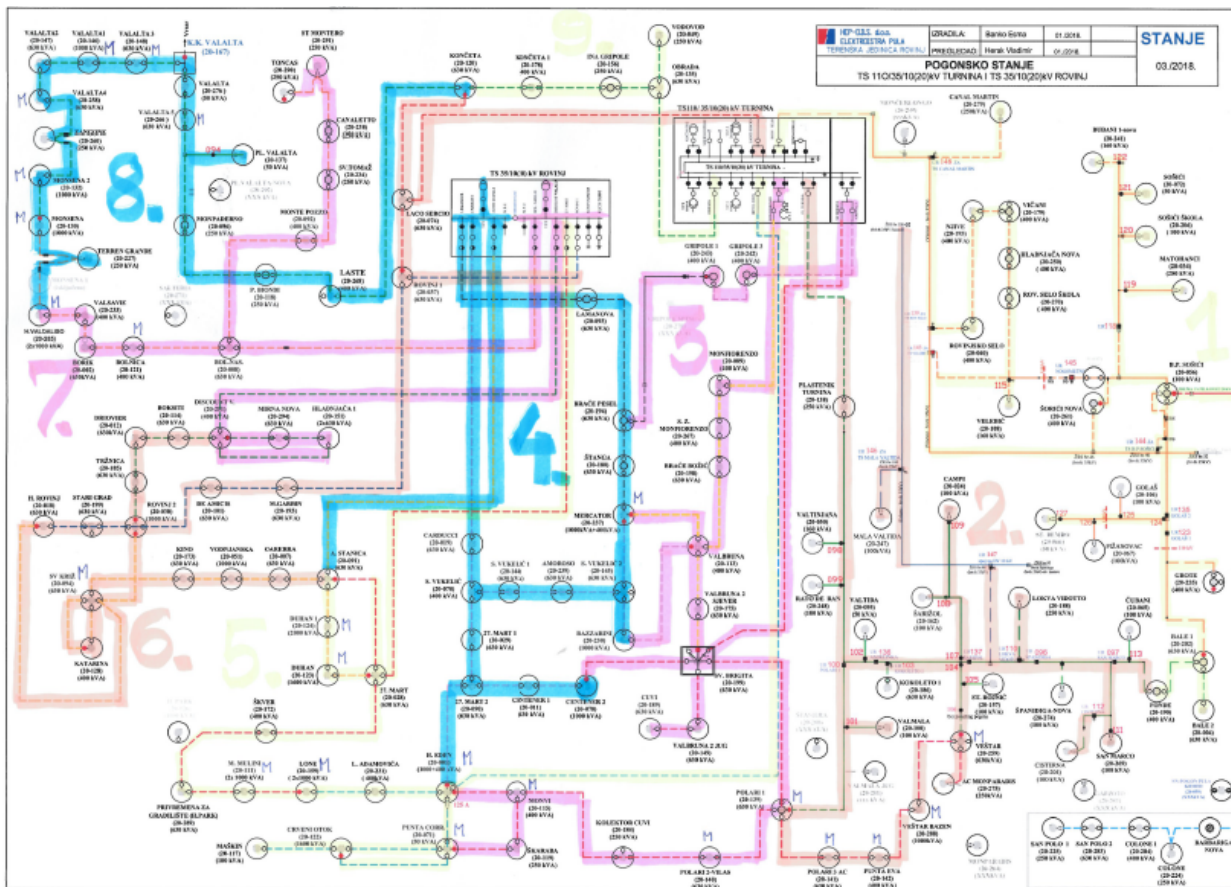
Dinamika prelaska na 20 kV napon predviđala je u prosjeku prelazak približno 15 TS 10(20)/0,4 kV po danu, a prelazak mreže je počeo puštanjem napona 20 kV iz TS Vincent po bivšem DV 35 kV

Turnina-Vinčent. Planirana brzina za prespajanje je tri TS u sat vremena odnosno jedna TS po timu/sat. Prvi dan je bilo planirano prebaciti 20 transformatorskih stanica te na kraju dana prilikom puštanja VP Rovinjsko selo iz TS Turnina na napon 20 kV ispitati usmjerenost zemljospojne zaštite izvođenjem stvarnog zemnog spoja u mreži. Važna je također bila i priprema pričuvnog tima u slučaju kvara na transformatoru koji je bio u pripravnosti s vozilom te u slučaju potrebe intervenirati, a drugi tim nastaviti dalje prema programu prelaska. Prethodno se pokazalo iznimno korisnim jer bi u protivnom, pojedini potrošači bili nekoliko sati bez električne energije dok se na ovaj način zamjena i postupak prespajanja transformatora izvodi u potpunosti unutar dva sata.

## 5.2. Postupak prijelaza distribucijske mreže na 20 kV napon

Prelazak na 20 kV naponsku razinu u SN mreži Rovinja započeo je 18.04.2018. godine. Početak nije bio „najsretniji“ jer se u prvog TS 10(20)/0,4 kV predviđenom dinamikom prelaska, preklopka transformatora se nije mogla preklopiti na 20 kV napon te se pristupilo zamjeni novim transformatorom koji je bio spreman u skladištu Pogona.

Svakim satom se isključivalo po tri transformatorske stanice koje su prelazile na 20 kV napon. Prema planu su prvo prebačena sva 10(20) kV polja u okolici Rovinja koja su se napajala iz TS 110/35/10(20) kV Turnina. Zatim se pristupilo prelasku TS 35/10(20) kV Rovinj na 20 kV napon. Kao što je već navedeno, TS 35/10(20) kV Rovinj se napajala putem dva 35 kV voda koji su prelaskom mreže na 20 kV naponski nivo u dvije faze interpolirana u bivša transformatorska polja. Sekcije sabirnica u TS 35/10(20) kV Rovinj su pojedinačno prespojene na 20 kV napon. Nakon izvršenih zahvata, TS 35/10(20) kV Rovinj je postala rasklopna stanica 20 kV napajana putem dva direktna voda iz 110/35/10(20) kV Turnina. Dovođenjem 20 kV napona pristupilo se prelasku mreže grada Rovinja. Na slici 2 je prikazana dinamika prelaska predmetne mreže po danima.



Slika 2. Dinamika prelaska mreže Rovinja po danima

Prilikom prijelaza SN mreže starogradske jezgre Rovinja na 20 kV napon gdje je otežan dolazak do transformatorske stanice sa vozilom, naišlo se na zahtjevniji dio radova. U slučaju potrebe za



zamjenom transformatora, zaustavio bi se daljnji prelazak zbog složenosti zahvata. Zamjena transformatora u starogradskoj jezgri na teško dostupnoj lokaciji gdje bi se trebao upotrijebiti viličar, prenositi transformator preko stepenica te ostale otežavajuće okolnosti. U TS 10(20)/0,4 kV Hotel Rovinj nalazio se stariji transformator kojega se uspjelo prespojiti tek nakon višestrukih pokušaja kada se već počelo razmišljati o zamjeni koja bi sigurno usporila prelazak jer je navedena TS na najnepristupačnijem mjestu od svih TS koje su bile uključene u prelazak. Nakon dugotrajnih pokušaja preklopka je sjela u odgovarajući položaj i radovi su se nastavili prema prvotnom planu.

Za vrijeme prijelaza na 20 kV naponski nivo došlo je do dva kvara na kabelu sa EHP izolacijom. Otklanjanju kvara na jednom kabelu pristupilo se odmah po nastalom kvaru dok se za drugi nije interveniralo zbog razvijene kabela mreže, pogođena dionica nije ugrozila nastavak prelaska. Prijelazom dva EHP kabela na 20 kV napon koji napajaju hladnjaču tvornice Mirna na jednom je došlo do kvara odmah po puštanju na napon 20 kV te je zbog važnosti kupca drugi dan položen univerzalni SN kabel „Axces 24 kV 3x70/16 mm<sup>2</sup>.“ Kabel je privremeno položen po zemlji obzirom da se kompletna trasa nalazi unutar tvorničkog kompleksa.

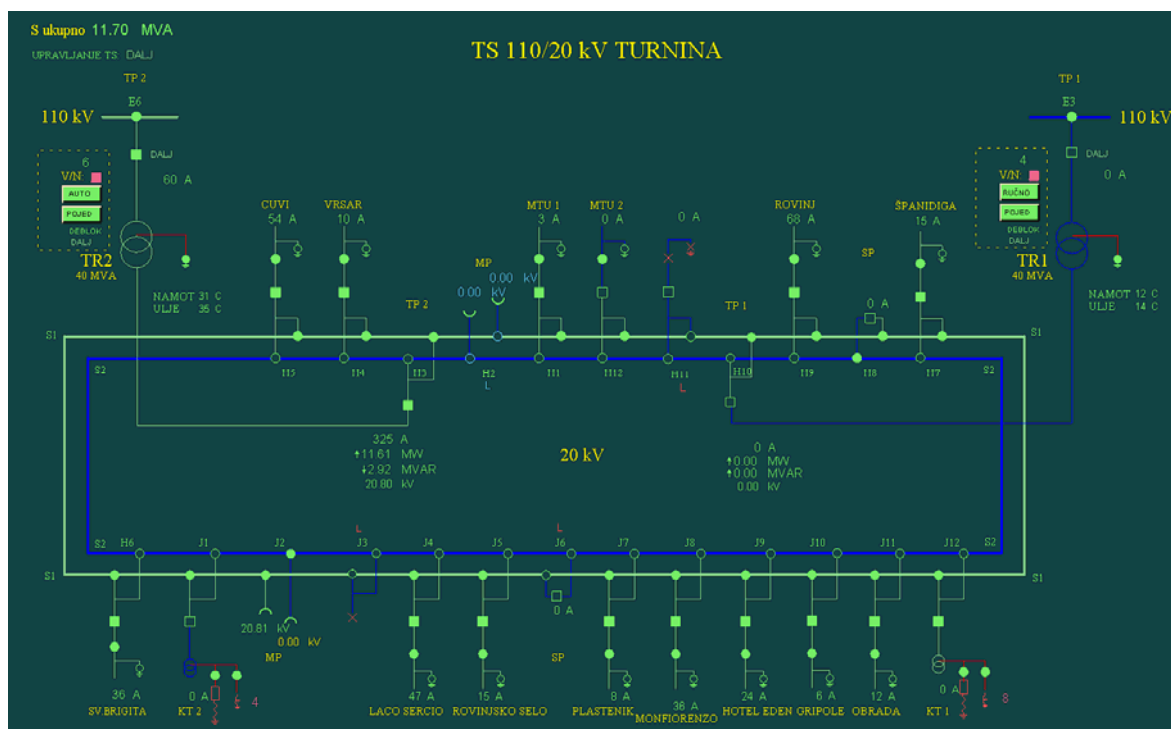
Osim opisanih kvarova na kabelima, došlo je do proboja tri odvodnika prenapona iako su bili za 20 kV nazivni napon te je zbog toga usporen planirani prelazak.

### 5.3. Dovršetak rekonstrukcije TS 110/20 kV Turnina

Nakon uspješno odrađenog prelaska na 20 kV naponsku razinu pristupilo se zamjeni transformatora 110/35 kV br.1 te je ugrađen novi transformator 110/20 kV. Za vrijeme radova na zamjeni TR1 u pogonu je bio ranije ugrađeni TR2 110/20 kV te je po potrebi bilo moguće napajati mrežu iz susjednih TS 110/20 kV Funtana i TS 110/20 kV Vinčent.

Odmah po završenom prelasku na 20 kV i nestanka 35 kV napona radi povećanja pouzdanosti napajanja odmah je izvršeno povezivanje sistema sabirnica br.1 iznad čelija 35 kV i 20 kV da bi se dobilo potpuno funkcionalna dva sistema sabirnica.

Dva dana nakon povezivanja sabirnica i puštanja u pogon jedinstvenog sistema sabirnica br.1 došlo je do proboja jednog naponskog transformatora u mjernom polju sistema broj 2 te se uključanjem mjernog polja broj 1 na brz i jednostavan način otklonilo smetnju. Navedeni naponski transformator je bio u pogonu 39 godina pod naponom 10 kV i 30 dana pod naponom 20 kV te je „odradio“ cjelokupni prijelaz mreže na 20 kV napon. Da bi se uspješno izvršili ovako zahtjevni i kompleksni radovi potrebna je i određena doza „sreće“ jer jednostavno nije moguće predvidjeti sve moguće scenarije. Na slici 3 je prikazan shematski prikaz stanice nakon dovršetka radova i prelaska na 20 kV napon.



Slika 3. Prikaz TS 110/20 kV Turnina u SCADA-i nakon okončanja svih radova



## 6. ZAKLJUČAK

Kao što su u prethodnim poglavljima navedene značajne tehničke i operativne pripreme te otežavajuće situacije sa kvarovima i intervencijama prilikom realizacije, SN mreža Rovinja je uspješno prešla na 20 kV naponsku razinu. Dobrom koordinacijom su izbjegnuta moguća nesuglasja u timovima koja nastaju kao posljedica uključenog velikog broja djelatnika te vremenski brzog i zahtjevnog procesa.

Prijelaz svih 129 trafostanica 10(20)/0,4 kV trajao je devet radnih dana. Prosječno je po danu prelazilo od 13 do 20 transformatorskih stanica, dok je nešto više vremena zahtijevalo prebacivanje transformatorskih stanica sa mjernim obračunskim mjestom na srednjem naponu.

Radovi na rekonstrukciji TS 110/20 kV Turnina su trajali od početka veljače do kraja lipnja 2018. godine. Rekonstrukcijom je povećana pouzdanost napajanja te je zadovoljen kriterij N-1. Povećanje nazivne snage ugradnjom dva transformatora snage 40 MVA distributivna mreža je spremna za prihvrat novih potrošača. Prijelaz na 20 kV naponsku razinu omogućuje dvostruko povećanje propusnosti mreže te četverostruko smanjenje pada napona i gubitaka u SN mreži. Prelaskom na 20 kV naponsku razinu kvalitetno i dugoročno je riješeno napajanje Rovinja.

Rekonstrukcija TS 110/20 kV Turnina i prijelaz mreže na 20 kV napon od kojih su oba zahtjevni projekti, provedeni su kao jedan povezani i isprepleten projekt što je dodatno otežavajuća okolnost prilikom vođenja projekta. Potrebno je bilo odgovorno i brzo pristupiti ovakvom zajedničkom projektu zbog kratkog vremena za provedbu i zadanih ciljeva kako bi do početka turističke sezone svi radovi bili dovršeni. Rekonstrukcija TS 110/20 kV Turnina i prijelaz mreže na 20 kV napon provedeni su izuzetno uspješno bez većih kvarova što je posljedica kvalitetne pripreme i motiviranosti svih sudionika u projektu. Broj kvarova je bio manji od očekivanog unatoč relativno velike kableske mreže. Kvalitetnom pripremom te naponskim ispitivanjem izolacije kabela spriječeni su brojni kvarovi pri prelasku na 20 kV naponski razinu. Obzirom da je dijagnostika kabela bitan element u projektu prelaska SN mreže na 20 kV naponsku razinu nabava posebnog uređaja za tu namjenu značajno bi doprinijelo kvalitetnijoj pripremi što je naročito bitno ako u mreži ima starijih kabela, a posebice kabela sa EHP izolacijom. Unatoč tome što su navedeni kabeli prošli naponsko ispitivanje prije prelaska ipak su probili odmah po puštanju pod 20 kV napon te je zaključak da naponsko ispitivanje kabela ne daje ispravan uvid u stanje kabela.

HEP-ODS Elektroistra Pula kontinuirano ulaže značajna sredstva u izgradnju, rekonstrukcije, revitalizacije, sanaciju i obnovu brojnih elektroenergetskih postrojenja. Ona su nužna radi ispunjenja temeljne zadaće povećanja pouzdanosti i kvalitete isporuke električne energije te poboljšanja naponskih prilika kod kupaca.