

mr.sc. Ivica Radetić, dipl.ing.el.
HEP ODS, Elektroprimorje Rijeka
ivica.radetic@hep.hr

Danijel Host, mag.ing.el.
HEP ODS, Elektroprimorje Rijeka
danijel.host@hep.hr

Marko Ivančić, mag.ing.el.
HEP ODS, Elektroprimorje Rijeka
marko.ivancic@hep.hr

RJEŠENJA PRIVREMENOG POGONA TS 35/10(20) kV PRILIKOM REKONSTRUKCIJE

SAŽETAK

Prilikom rekonstrukcija postojećih transformatorskih stanica 35/10(20) kV (radi realizacije prijelaza SN mreže na 20 kV naponski nivo, dotrajalosti postojeće ugrađene opreme, veće havarije, novih uvjeta u SN mreži ili slično) unutar postojećih građevina, redovito se postavlja problem osiguranja pogona tijekom izvođenja radova. U tom smislu, suprotstavljena su dva zahtjeva: s gledišta sigurnosti i pouzdanosti pogona, zahtjeva se maksimalna faznost radova, odnosno minimalni poremećaj redovnog pogonskog stanja, a s gledišta učinkovitosti izvedbe radova na rekonstrukciji zahtjevi su obratni.

Tijekom rekonstrukcija više TS 35/20 kV na području Elektroprimorja Rijeka, izrađeni su i realizirani planovi rasterećenja/privremenog pogona predmetnih TS. Namjera je ovog referata na tri primjera privremenog pogona TS 35/20 kV prilikom rekonstrukcije, od jednostavnijeg ka složenijem, dati prijedloge rješenja privremenog stanja, iskustva iz pogona te ocjenu pogodnosti za standardno postupanje u ovakvim slučajevima.

Ključne riječi: rekonstrukcija trafostanice, privremeni pogon, rasterećenje, sigurnost i pouzdanost pogona

TEMPORARY SOLUTIONS DURING 35/10(20) kV SUBSTATION RECONSTRUCTION

SUMMARY

During the reconstruction of the existing 35/10 (20) kV power substations (in order to achieve the transition to the 20 kV voltage level of the MV network, because of the installed equipment deterioration, major damage, new conditions in the MV network or similar) within the existing buildings, the problem of regular operation is regularly raised during the execution. In this case, two requirements are opposed: from the point of view of network safety and reliability, maximum use of phases is required, that is, the minimum disturbance of the regular operating state, and from the point of view of reconstruction efficiency, the requirements are reversed.

During the reconstruction of several 35/20 kV substations in the Elektroprimorje Rijeka area, substation unloading / temporary operation plans were made and implemented. The purpose of this paper is to provide three examples of temporary solutions during reconstruction, from simpler to more complex, to propose temporary situation solutions, to determine operational experience and to give an assessment of the suitability for standard treatment in such cases.

Key words: substation reconstruction, temporary operation, unloading, safety and reliability

1. UVOD

Prilikom planiranja realizacije različitih zahtjeva na rekonstrukciju pojedinih čvrstih napojnih točaka u srednjenaponskoj mreži HEP ODS-a, poglavito TS 35/10(20) kV, voditelji takvih projekata redovito se nalaze pred sličnim dilemama. U pitanju su objekti koji predstavljaju ključne točke napajanja, iz kojih se razvija značajna distribucijska mreža i kod kojih svaki iole ozbiljniji zahvat na postrojenju uzrokuje potrebu za značajnim pogonskim manipulacijama u dijelu mreže. Problemi realizacije zahvata se pritom i dodatno usložnjuju ukoliko je dio mreže radijalno napajan iz predmetne TS, te ako se iz predmetne TS osigurava napajanje velikih kupaca na srednjenaponskom nivou.

U Elektroprimorju Rijeka se u posljednjih 15-ak godina gotovo u kontinuitetu izvodi rekonstrukcija predmetnih TS iz više različitih razloga, a kao najznačajnije možemo navesti: dotrajalost ugrađene opreme (u pitanju su TS s kraja 60-ih i početka 70-ih godina prošlog stoljeća), prelazak na 20 kV naponski nivo (pri čemu dio ili čak kompletna oprema ne zadovoljava), povećanje instalirane snage transformacije radi osiguranja pristupa mreži novih kupaca, kao i razvoj srednjenaponske mreže koji zahtjeva rekonfiguraciju jednopolne sheme TS (dodatna vodna polja, novo uzemljenje zvjezdišta, sekcioniranje SN sabirnica i slično).

Zahvati se dominantno vrše unutar postojećih građevinskih dimenzija objekata, što usložnjuje izvedbu radova, postavlja dodatne zahtjeve na faznost radova i primjenu mjera zaštite na radu, u uskoj relaciji s prostornim mogućnostima smještaja nove opreme. Uz zamjenu primarne opreme, i sekundarni sustavi podliježu izmjenama, pogotovo ako su iste ili slične generacije kao i primarna oprema.

Sukladno navedenim okolnostima i uvjetima, mogu se uočiti tri najčešća pristupa – kategorije pri rekonstrukciji predmetnih elektroenergetskih objekata:

- 1) Eliminacija predmetnog postrojenja iz distribucijske mreže,
- 2) Pogon pomoću privremenog rasklopišta,
- 3) Izvedba privremenog postrojenja s transformacijom.

U nastavku ovog referata opisan će se tri navedena načina na konkretnim primjerima, s analizom prednosti i nedostataka te mogućnosti u smislu poboljšanja rješenja. Navedeni pristupi nisu strogo ograničen, te je moguće primijeniti kombinaciju navedenih rješenja u pojedinačnim slučajevima, što ovisi o načinu rekonstrukcije elektroenergetskog objekta i uvjetima pogona mreže u konkretnom slučaju.

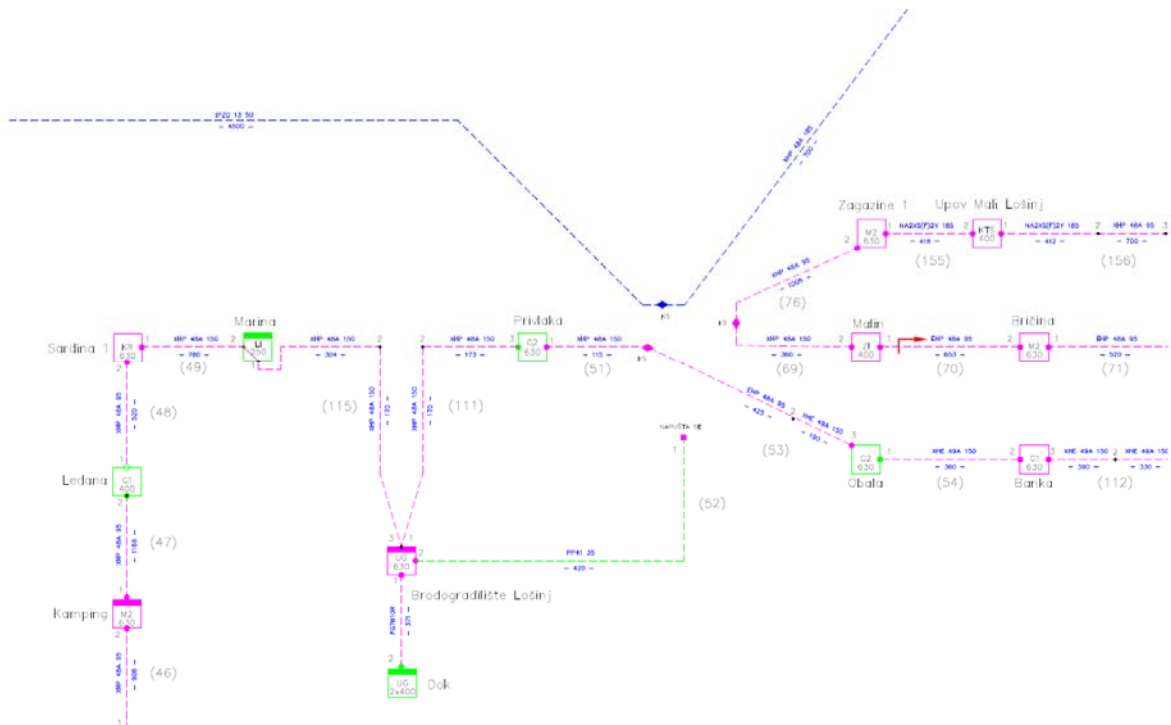
2. ELIMINACIJA POSTROJENJA IZ SREDNJENAPONSKE MREŽE

Prvi razmatrani pristup je eliminacija objekta koji se rekonstruira iz srednjenaponske mreže. Izvodi se ukidanjem transformacije na lokaciji i prespajanjem svih vodova na obje naponske razine. Naoko najjednostavniji način, može predstavljati značajan fizički zahvat u okruženju objekta, kao i uzrokovati znatne pogonske manipulacije u mreži. Eliminacija pojedinog postrojenja iz srednjenaponske mreže uvjetovana je mogućnošću napajanja konzuma (potrošača) predmetnog postrojenja iz susjednih napojnih transformatorskih stanica (odnosno analiza mogućnosti da li postoje dovoljni kapaciteti u susjednim napojnim elementima srednjenaponske mreže iz kojih će se privremeno napojiti konzum eliminiranog postrojenja).

Tipičan primjer u Elektroprimorju je bilo ukidanje transformacije i svih postrojenja u TS 35/10(20) kV Lošinj 1 na otoku Lošinj u jesen 2017. godine. Predmetnu je TS bilo potrebno rekonstruirati radi pripreme prijelaza teritorija TJ Cres Lošinj na 20 kV naponski nivo, prije svega 10 kV postrojenje i dotrajale sekundarne sustave zaštite i upravljanja. S obzirom da je predmetna TS dimenzijama ograničena, nije bilo mogućnosti planirati bilo kakvu faznost radova bez isključenja kompletnog tadašnjeg 10 kV postrojenja. Primijenilo se rješenje kompletnog prespajanja dvije 35 kV veze i četiri tadašnje 10 kV veze na platou TS izvedbom spojnicama, te privremenim napuštanjem pete 10 kV veze. Na slici 1. je dana blok shema prije i poslije izvršenih prespajanja.

Za odluku o ovakvom rješavanju osiguranja mjesta rada odnosno beznaponskog stanja na postojećem 10 kV postrojenju unutar zgrade TS bile su bitne dvije odrednice: značajno smanjenje vršnog opterećenja ovog konzumnog područja u jesenskim i zimskim mjesecima, po završetku turističke sezone, čime je bilo moguće da susjedne TS 35/10(20) kV i napojna TS 110/35 kV preuzmu konzum predmetne

TS, kao i dostupnost raspeta 35 i 20 kV na platou TS, koji je također bio predviđen za rekonstrukciju zbog osiguranja unosa novih energetskih transformatora.



Slika 1. Blok shema 10(20) kV mreže TS 35/10(20) kV Lošinj 1 nakon prespajanja



Slika 2. Situacija zahvata prespajanja TS 35/20 kV Gerovo

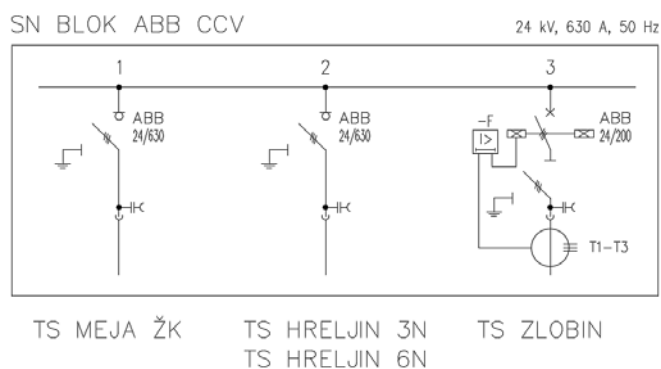
Modificirani primjer je onaj TS 35/20 kV Gerovo, gdje se pristupilo prespajanju 20 kV veza iz postojećih vodnih polja, uz privremeno prespajanje napojnog 35 kV voda u dodatnu 20 kV vezu. U ograničenom vremenskom periodu, od ožujka do srpnja 2017. procijenjeno je da predloženo rješenje daje optimum između jednostavnosti rješenja i mogućnosti vođenja pogona, a zgrada TS Gerovo je pritom kompletno oslobođena od napona što pojednostavljuje izvedbu zamjene opreme unutar zgrade. Na slici 2. je prikazana situacija zahvata u prostoru.

Očita prednost ovakvih rješenja je jednostavnost realizacije, odnosno izvršenje na razini međusobnih spajanja postojećih 35 i 10(20) kV veza, uz uvjet analize mogućnosti terećenja susjednih napojnih elektroenergetskih objekata. Nedostatci su proširenje – povećanje napojne mreže objekata koji preuzimaju teret, s tim povezani nužni zahvati na prepodešenju zaštite u susjednim objektima, te izmjena odnosno primjena privremene koncepcije daljinskog upravljanja tog dijela mreže. Moguća je problematika i značajno podizanje kapacitivne struje mreže, ukoliko je u pitanju pretežito kabela mreža, pritom na 20 kV naponskom nivou, što daje dodatne zahtjeve na uzemljenje zvjezdista srednjaponske mreže u uvjetima lošeg uzemljenja / visokog specifičnog otpora tla.

3. PRIVREMENO RASKLOPIŠTE 10(20) kV

U slučajevima kad zbog konfiguracije srednjenaponske distribucijske mreže nije pogodno ili poželjno prespajanjima produžavati već duge 10(20) kV izvode iz napojnih TS, pogotovo ako je u pitanju radijalno napajanje pojedinog područja ili previše prijelaza iz nadzemni u podzemni karakter voda, suvislije je postojeću jednopolnu shemu 35 ili 10(20) kV postrojenja translatirati u potpunosti ili smanjenim opsegom u privremeno srednjenaponsko rasklopište.

Takav se slučaj pojavio na distribucijskom području Elektroprimorja pri rekonstrukciji 10 kV postrojenja RS 35 – 10(20) kV Plase, u sklopu priprema za prijelaz tog dijela SN mreže na 20 kV naponski nivo. Dio mreže, jedno 10(20) kV polje, radijalno je napajan iz predmetnog rasklopišta, te nije bilo moguće isključivo prespajanjima realizirati prihvatljivo pogonsko stanje mreže. S obzirom da predmetno rasklopište nije bilo vrlo razvijene jednopolne sheme, upotrijebio se RMU sklopni blok koji se standardno koriste u Elektroprimorju, ugrađen u prilagođeno kućište malih dimenzija (za vanjsku montažu), na kojeg se u transformatorsko polje s prekidačem i zaštitnim relejem spojio predmetni radijalni vod. Preostala polja su se spojila na vodna polja s rastavnim sklopkama. Na slici 3. prikazano je predmetno kućište prije montaže kao i načelna skica prespajanja.

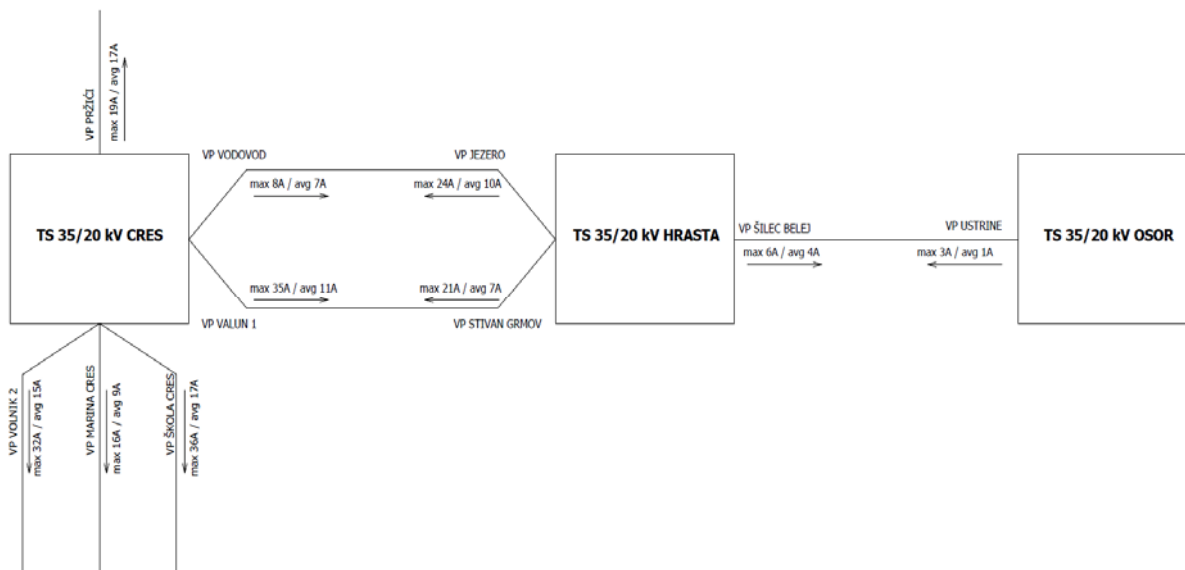


Slika 3. Kućište s privremenim 10(20) kV postrojenjem i jednopolna shema RS Plase

U ozbiljnijem se opsegu ovakvo rješenje primijenilo i pri aktualnoj kompletnoj rekonstrukciji TS 35/20 kV Cres.

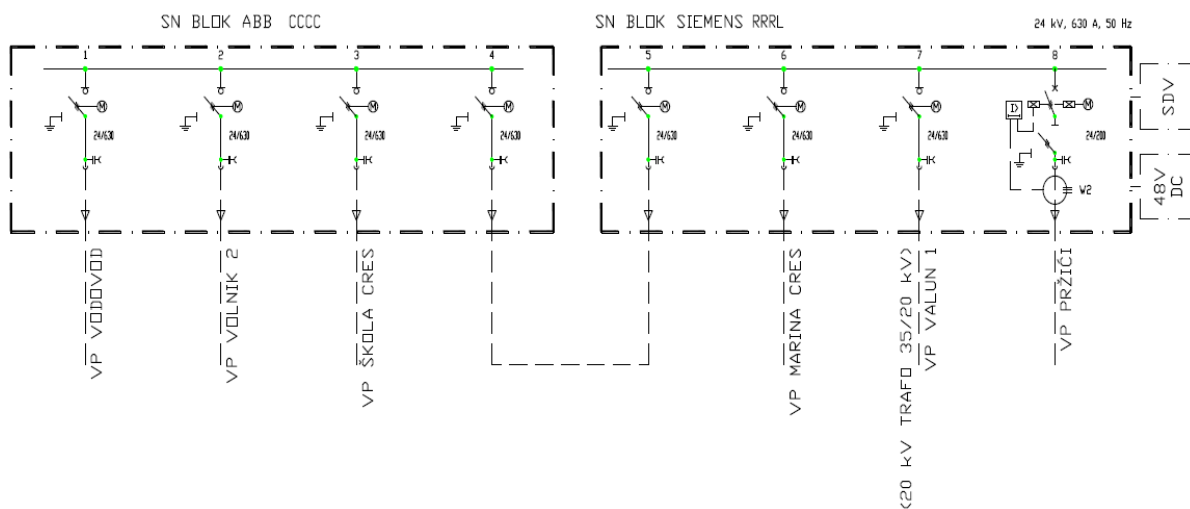
Potrebno je napomenuti da je rekonstrukciji TS 35/20 kV Cres, planiranoj s kompletnom revitalizacijom primarne i sekundarne opreme u trafostanici, prethodila detaljna analiza pogonskog stanja

i opterećenja 20 kV mreže otoka. Na slici 4. prikazana je okvirna blok shema predmetnog područja. Naznačeni maksimumi i srednje vrijednosti struja po pojedinim 20 kV vodnim poljima odnose se referentno razdoblje od 9. do 11. mjeseca 2018. godine, u istom vremenskom periodu u godini koja je prethodila onoj u kojoj se planiralo rasterećenje i priprema za rekonstrukciju TS Cres.



Slika 4. Okvirna blok shema 20 kV mreže otoka Cresa s opterećenjima

Na platou TS 35/20 kV Cres ugradilo se privremeno 20 kV postrojenje koje se sastoji od dva RMU-a - 20 kV sklopna bloka iz pogonske rezerve Elektroprimorja. Oba bloka su se postavila na namjenski izrađeno postolje, zaštićeno od vremenskih utjecaja, radi lakšeg uvlačenja i spajanja 20 kV kabela. Postojeći 20 kV energetski kabeli iz raspleta TS Cres su se otkopali na jugozapadnom pročelju zgrade TS, odspojili u ćelijama, te se uvukli ili produžili do privremenog 20 kV postrojenja, gdje su se kabelskim konektorima spojili na pripadne blokove. Jednopolna shema rasklopišta prikazana je na slici 5. Važno je napomenuti da se u privremeno postrojenje ugradio i ormar s uređajima za daljinsko upravljanje, tako da se funkcija daljinskog vođenja nije izgubila.



Slika 5. Jednopolna shema privremenog rasklopišta TS 35/20 kV Cres

Na slici 6. je fotografija privremenog rasklopišta TS Cres, koje se minimalnom intervencijom, spajanjem privremenih 35 i 20 kV veza na pripremljenom energetskom transformatoru može pretvoriti u niženaponsko postrojenje privremene TS 35/20 kV.



Slika 6. Kućište s privremenim 10(20) kV postrojenjem TS Cres

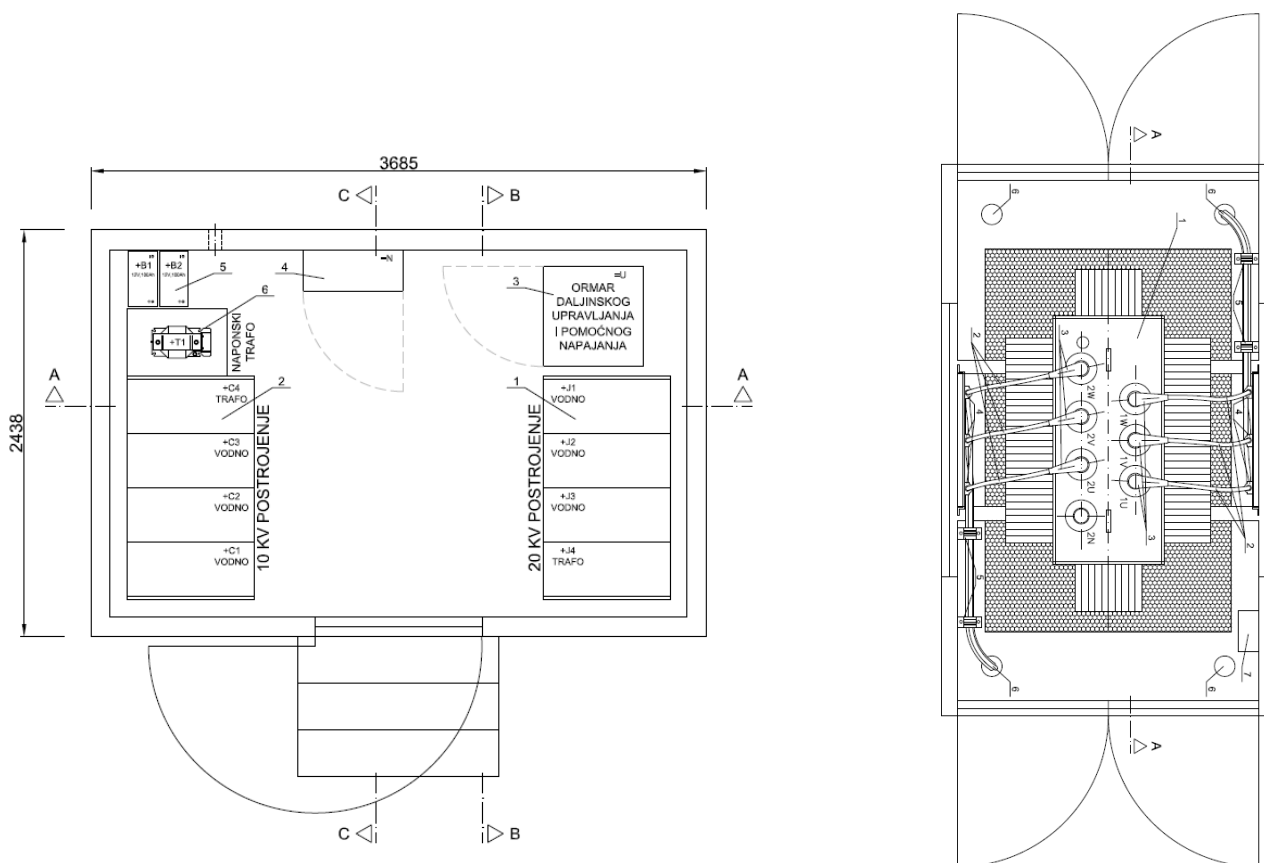
Prednosti ovih rješenja nalaze se i dalje u relativno jednostavnoj realizaciji, uz upotrebu tipskih sredjenaponskih blokova koji se standardno koriste u našoj distribuciji, koji omogućavaju fleksibilniji pogon i pripadne pogonske manipulacije u mreži u odnosu na slučajeve s prespajanjima. Upotrebom blokova s motornim pogonima moguće je prigradnjom daljinske stanice zadržati mogućnost daljinskog upravljanja pogonskim stanjem mreže i brzih odziva pri kvarovima. Korištenje tih standardnih RMU-ova međutim ne daje punu razinu relejne zaštite pojedinih vodnih polja kakva su ista imala u matičnoj TS, jer su vodna polja uobičajeno izvedena s rastavnim sklopkama, dok samo transformatorska polja imaju ugrađene strujne obuhvatne transformatore za potrebe detekcije kvarova i pripadne nadstrujne releje. Dodatno, ugradnja ormara s uređajima za daljinsko upravljanje donosi i dodatne zahtjeve: osiguranje AC napajanja, koje u slučajevima kompletne rekonstrukcije TS treba realizirati iz vanjske NN mreže, umjesto iz instalacija vlastite potrošnje, te osiguranje komunikacijskih kanala za potrebe daljinske signalizacije i upravljanja. Ujedno mreže prespojene na ovaj način također doprinose povećanju kapacitivne struje mreže napojnih TS, jednako kao i u prethodno obrađenom načinu privremenog pogona.

Kako je već napomenuto, privremeno rasklopište TS Cres je imalo spremnu mogućnost da se na nj spoji jedan pripremljeni energetski transformator 35/20 kV, 8 MVA: s 35 kV strane transformator se može spojiti direktno na napojni 35 kV vod, a na 20 kV strani, otpajanjem jednog 20 kV voda iz privremenog rasklopišta, na jedno polje u privremenom rasklopištu. Time se dobiva pravo privremeno postrojenje s transformacijom, kojeg ćemo obraditi u slijedećem poglavlju.

4. PRIVREMENO POSTROJENJE S TRANSFORMACIJOM

Pri planiranju prijelaza na 20 kV naponsku razinu otoka Lošinja, uspješno provedenog 2018. godine, vanjski otoci lošinjskog arhipelaga (Vele i Male Srakane, Unije, Susak) ostali bi bez napajanja jer su postojeći podmorski kabeli koji ih napajaju predviđeni za rad na 10 kV naponskoj razini. Kako je zamjena podmorskih kabela izuzetno zahtjevna i dugotrajna, do zamjene postojećih podmorskih kabela bilo je potrebno zadržati napajanje lokalnih otoka na 10 kV naponskoj razini, što se omogućilo realizacijom međutransformacije na platou postojeće TS 110/35 kV Lošinj. U Elektroprimorju je razrađeno tehničko rješenje međutransformacije 20/10 kV, koje daje detaljnu razradu ugradnje energetskog transformatora prijenosnog omjera 20/10 kV, snage 2,5 MVA, sve pripadajuće SN opreme i opreme pomoćnih postrojenja u mobilne metalne kontejnere. Projektom je bila obuhvaćena problematika odabira kontejnera, smještaja same opreme međutransformacije, odnosno energetskog transformatora, 20 i 10 kV postrojenja, opreme relejne zaštite i upravljanja, te njihovih međusobnih veza.

Koncept je planirao izvedbu s dva standardna metalna kontejnera, od toga jedan kontejner za smještaj energetskog transformatora, i jedan za smještaj SN postrojenja i preostale opreme potrebne za funkcioniranje trafostanice, koji su mobilni te se po potrebi mogu koristiti višekratno na različitim lokacijama. Na slici 7. je prikazana planirana dispozicija oba kontejnera, a na slici 8. lokacija unutar platoa TS 110/35 kV Lošinj.



Slika 8. Dispozicija mobilnih kontejnera međutransformacije

Ovaj je projekt uveo i dva specifična rješenja u svrhu realizacije funkcionalnosti vlastite potrošnje i daljinskog upravljanja: jedno je autonomni sustav izmjeničnog napona 230 VAC sastavljen od fotonaponskih panela smještenih na krovu kontejnera SN postrojenja, akumulatorske baterije i energetskog razvoda, a drugo je napajanje ispravljača ormara s daljinskim upravljanjem, predviđeno iz dvopolnog naponskog transformatora 10(20)/0,23 kV, 300 VA, smještenog uz 10 kV postrojenje.

U konačnici se opisani projekt realizirao u modificiranom opsegu, realizacijom privremene 35/10 kV transformacije, upotrebom rezervnog postojećeg 35 kV polja, fiksnom ugradnjom privremenog energetskog transformatora 35/10 kV i ugradnjom RMU-a kao 10 kV postrojenja unutar postojeće zgrade.

Najveća je prednost ovog rješenja kompletna funkcionalnost i planirana mobilnost, odnosno višekratna upotrebljivost unutar distribucijske mreže Hrvatske. Nedostatak mu je viša razina složenosti, pa u uvjetima kratkog roka realizacije nije primjenjiva, što se dogodilo i na konkretnoj lokaciji. Navedeno se međutim odnosi samo na prvu, početnu realizaciju; svaka slijedeća upotreba je na razini postavljanja mobilnih kontejnera privremene međutransformacije i osiguranja kablenskog spajanja svih energetskih veza.



Slika 8. Lokacija međutransformacije unutar platoa TS 110/35 kV Lošinj

5. ZAKLJUČAK

Kroz izložene tri kategorije rješavanja privremenog pogona, s primjerima koji se i preklapaju između prve i druge, odnosno druge i treće kategorije, razvidno je da su u određenim okolnostima: energetske, lokacijske i terminske, primjenjive na velikom broju slučajeva, uz široke mogućnosti modifikacije. Kroz navedene prednosti i nedostatke korisnici rješenja imaju relevantne ulazne parametre za primjenu. Pojedino primijenjeno rješenje mora biti dovoljno jednostavno da dodatno ne usloži proces rekonstrukcije nekog objekta (da ne bude složeniji zahvat nego sami radovi na objektu zbog kojeg se primjenjuje), a opet dovoljne složenosti da zadovolji uvjete na pogon pojedine mreže, zahtjeve na sigurnost i pouzdanost sustava, prvenstveno manifestiran kroz realizirano daljinsko upravljanje, zaštitu i signalizaciju, kao i robusnost izvedbe (upotrebom standardnih elemenata mreže koje se koriste u distribuciji Hrvatske). Kategorizacija slučajeva primjenjivosti nije ni jednostavna ni jednoznačna, te ovisi od lokacije do lokacije, međutim, uz prethodnu analizu stanja elektroenergetskih objekata i mreže, uključujući i prethodne pogonske događaje (statistiku kvarova) može se pronaći optimum između navedenih oprečnih zahtjeva, sve u svrhu sigurne opskrbe kupaca električnom energijom i zadržavanjem iste razine pouzdanosti i sigurnosti.

S obzirom da su distributivna područja širom Hrvatske u kontinuiranom procesu ulaganja u kompletne rekonstrukcije, revitalizacije, zamjene dijela opreme, pripreme za prijelaz s 10 na 20 kV naponski nivo i slično, ovaj referat može dati doprinos pri definiranju privremenog stanja pojedinog elektroenergetskog objekta na kojem se vrši pojedini zahvat. Svakako bi na razini HEP-ODS-a bilo uputno imati tipsko rješenje međutransformacije za kontinuiranu primjenu diljem Hrvatske, gdje opisano tehničko rješenje treće kategorije može poslužiti kao dobar temelj.

6. LITERATURA

- [1] Plan privremenog napajanja TS Gerovo 35/20 kV Gerovo, HEP ODS d.o.o, Elektroprimorje Rijeka, Služba za održavanje, ožujak 2017.
- [2] Plan rasterećenja TS 35/20 kV Cres za potrebe rekonstrukcije, HEP ODS d.o.o, Elektroprimorje Rijeka, Služba za vođenje pogona, rujan 2019.
- [3] TS 20/10 kV Međutransformacija Lošinj, Tehničko rješenje, TR-TM-159-16, HEP ODS d.o.o, Elektroprimorje Rijeka, Služba za izgradnju, Odjel za projektiranje, siječanj 2017.