

Franjo Klarić, dipl.ing.el.
HEP ODS, Elektroprimorje Rijeka
Franjo.klaric@hep.hr

mr.sc. Aleksandar Hajdu, dipl.ing.el.
HEP ODS, Elektroprimorje Rijeka
aleksandar.hajdu@hep.hr

ODABIR 110/35/20 KV TRANSFORMATORA ZA POUZDANO NAPAJSANJE OTOKA CRES I LOŠINJ

SAŽETAK

U postojećoj TS 110/20/35 kV KRK ugrađena su dva transformatora 110/20 kV, 20 MVA, koji napajaju 20 kV mrežu sjevernog dijela otoka Krka, te jedan transformator 20/35 kV, 8(10) MVA koji napaja 35 kV mrežu susjednog otoka Cresa. U slučaju ispada 110 kV radijalnog napajanja TS 110/35 kV Lošinj, kompletna 35 kV mreža otoka Cresa, Lošinja i Silbe napaja se preko 20/35 kV transformatora. Opterećenje 35 kV mreže može doseći i 20 MW, te je za pouzdano napajanje bilo potrebno povećati snagu u TS KRK. Kao optimalno rješenje odabrana se zamjena jednog transformatora 110/20 kV sa novim transformatorom 110/35/20 kV te napajanje 35 kV mreže otoka Cresa i Lošinja direktnom transformacijom 110/35 kV. U ovom članku detaljnije će se opisati odabrani tehnički parametri novog energetskog transformatora, njihov odabir s obzirom na karakteristike postojećih elemenata mreže, te njegova interpolacija u postojeći sustav upravljanja i zaštite.

Ključne riječi: Novi tronamotni transformator 110/35/20 kV, 40/20/20 MVA; postojeći transformator 110/20 kV, 20 MVA, postojeći transformator 20/35 kV, 8 MVA, pouzdano napajanje područja otoka Cres i Lošinj

SELECTING 110/35/20 KV TRANSFORMER FOR RELIABLE POWER SUPPLY FOR THE ISLANDS OF CRES AND LOŠINJ

SUMMARY

In the existing TS 110/20/35 kV KRK, two 110/20 kV, 20 MVA transformers are installed, supplying the 20 kV network of the northern part of the island of Krk, and one transformer 20/35 kV, 8 (10) MVA, which supplies the 35 kV network of the neighboring island of Cres. In the case of the interrupted 110 kV radial supply of TS 110/35 kV of Lošinj, the complete 35 kV network of islands of Cres, Lošinj and Silba is fed through the 20/35 kV transformer. This load can reach 20 MW, and for reliable power supply it was necessary to increase available power in TS KRK. As an optimal solution, replacement of one 110/20 kV transformer with new transformer 110/35/20 kV was chosen, thus supplying the 35 kV network of islands of Cres and Lošinj by direct transformation of 110/35 kV. This article will describe in detail the selected technical parameters of new power transformer, their choice with respect to the characteristics of existing network elements, and its interpolation into existing control and protection system.

Key words: New three winding transformer 110/35/20 kV, 40/20/20 MVA; existing transformer 110/20 kV, 20 MVA, existing transformer 20/35 kV, 8 MVA, reliable power supply of islands of Cres and Lošinj

1. UVOD

Sa elektroenergetskog stajališta kvarnerski otoci Cres i Lošinj su u vrlo nepovoljnoj situaciji, po više kriterija: razina potrošnje električne energije otoka Cresa i Lošinja (sa pripadajućim otocima Lošinjskog akvatorija), te otoka Silbe stalno raste, nepovoljna konfiguracija i prostorna rasprostranjenost 35 kV mreže, koja je za ovaj pogon napojna, a tako će ostati u dužem razdoblju, planovi za razvoj otoka koji će sigurno povećati potrošnju električne energije uvjetuju napajanje iste iz 110 kV mreže, što je i sada ostvareno jednim 110 kV vodom od Krka do Lošinja i jednom TS 110/35 kV u Lošinj. Broj potrošača i važnost električne energije za održavanje i razvoj gospodarskih djelatnosti, a naročito turizma zahtjeva kontinuirani i sustavan razvoj energetike koji će omogućiti sigurno i pouzdano napajanje električnom energijom postojećih potrošača, tj. opskrbu električnom energijom u svakom trenutku i u svim okolnostima, te dovođenjem EE mreže na razinu da ne bude ograničavajući čimbenik za razvoj ovoga područja. Sada je područje otoka Cresa i Lošinja u najnepovoljnijoj situaciji po kriterijima sigurnosti i pouzdanosti napajanja, tj. raspoloživosti izvora napajanja u cijelom DP-u Elektroprimorje Rijeka.

Svjesni zahtjevnosti i složenosti situacije, a u cilju optimalnog dolaska do zadovoljavajućih rješenja, rješavanju problema se pristupilo temeljito, organizirano i sustavno. Energetski institut Hrvoje Požar je izradio studiju razvoja mreže 110 kV i 35 kV na području otoka Cresa i Lošinja. Ista je analizirala postojeće stanje i dala smjernice za razvoj. Osnovni zaključak ove studije je nužnost razvoja 110 kV mreže (novi 110 kV vod i nekoliko TS 110/xx kV). Pošto razvoj 110 kV mreže nije u ingerenciji HEP-ODS, a vodeći računa da realizacija programa razvoja 110 kV mreže zahtjeva značajna financijska sredstva i vrijeme (složeni, zahtjevni i komplicirani postupci pripreme i izvedbe), pristupilo se planiranju, projektiranju i izvođenju zahvata u 35 kV mreži koji će bitno povećati raspoloživosti izvora (napojnih točaka). Rješavanje ovako složenih problema, odnosno optimalnog poboljšavanja postojećeg stanja, je bilo moguće izradom programa razvoja 35 kV mreže. Osnovna odrednica ovoga programa je da isti bude sukladan studiji, tj. da definirani zahvati na 35 kV mreži budu funkcionalno i kronološki poredani na način da kontinuirano ostvaruju najbolje učinke te da se integriraju u konačno rješenje 35 kV i 110 kV mreže.

Program obuhvaća zahtjeve, odnosno zahvate u 35 kV mreži koji se mogu podijeliti u tri skupine:

- Povećanje snage na 35 kV naponskom nivou u napojnoj TS 110/20/35 kV Krk;
- Povećanje prijenosne moći 35 kV vodova;
- Rješavanje nedopustivog pada napona.

Svaki zahvat iz ovoga programa je napredak i kvaliteta sama po sebi, međutim tek njihovom kombinacijom i provedbom u planiranom slijedu i opsegu će se napajanje predmetnog područja dovesti na podnošljivu razinu.

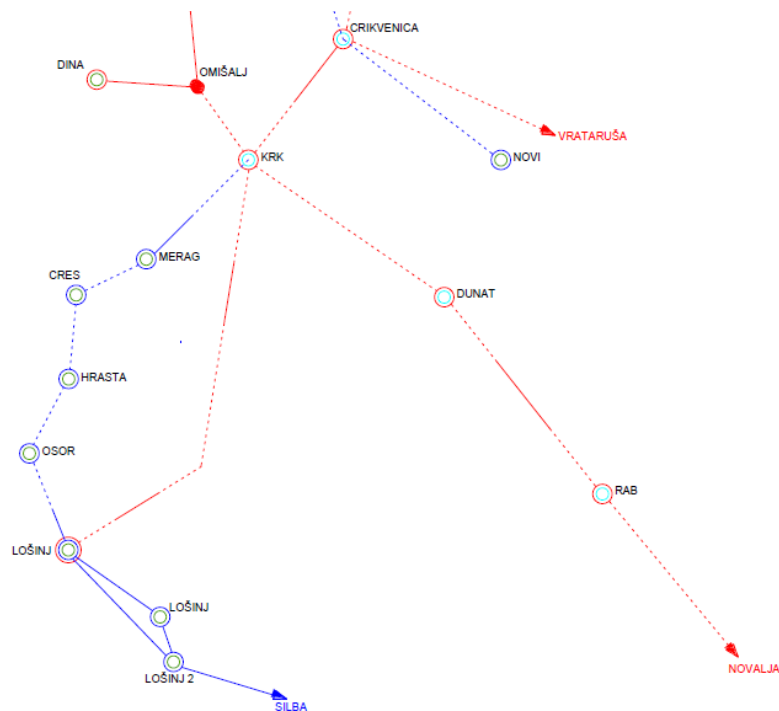
Ovaj članak se bavi rješavanjem izvora na 35 kV naponskoj razini u TS 110/20/35 kV Krk. Obradeno rješenje, tj. zamjena postojećeg transformatora 110/20 kV, 20 MVA sa novim tronamotnim transformatorom 110/35/20 kV, 40/20/20 MVA, je odabrano kao najbolje iz niza mogućih i razmatranih varijanti. Detaljnije su obrađeni parametri za odabir, te su definirane tehničke karakteristike novog transformatora koji je po svojoj konstrukciji i funkciji unikatni proizvod koji se prvi put primjenjuje u mreži Elektroprimorja.

2. PROBLEMATIKA NAPAJANJA 35 kV MREŽE OTOKA CRESA I LOŠINJA

Osnovno napajanje 35 kV mreže otoka Cresa i Lošinja, iz koje se napaja i otok Silba, je iz TS 110/35 kV Lošinj 2x20 MVA, koja se napaja radialno tj. jednim 110 kV vodom sastavljenim iz nadzemnih i kablskih dionica. Vod je u pogonu u iznimno zahtjevnim uvjetima vjetra i posolice (nadzemne dionice), a na istome su i dvije podmorske dionice: Krk – Cres, te Cres – Lošinj u Osoru. Ispadi i kvarovi na ovom vodu su sve češći i dugotrajniji, a mogući kvar podmorske dionice bi predstavljao problem u napajanju potrošača koji se uopće ne bi mogao kvalitetno riješiti u periodu najveće potrošnje, a to su mjeseci turističke sezone. Radialno napajanje ovako velikog i značajnog područja nije primjereno današnjem trenutku, odnosno očekivanom standardu opskrbe električnom energijom. Trajno rješenje, koje će dugoročno riješiti problem, je izgradnja drugog 110 kV voda sa nekoliko novih transformatorskih stanica.

Povijesno su se Cres i Lošinj napajali na 35 kV naponskom nivou, sa otoka Krk. Napuštanjem 35 kV mreže otoka Krka pojavio se problem rezervnog napajanja otoka Cresa. To se riješilo izvedbom međutransformacije 20/35 kV, 8 MVA u TS 110/20/35 kV Krk. Ugrađen je prerađeni postojeći

transformator, a zbog ograničene prijenosne moći 35 kV vodova između Krka i Cresa, tada za većom snagom transformacije nije bilo niti potrebe. Radi blizine Cresa, te da bi 35 kV vod bio pod naponom i opterećenjem, u normalnom pogonu se ostvaruje redovito napajanje TS 35/10(20) kV Cres iz TS 110/20/35 kV Krk.



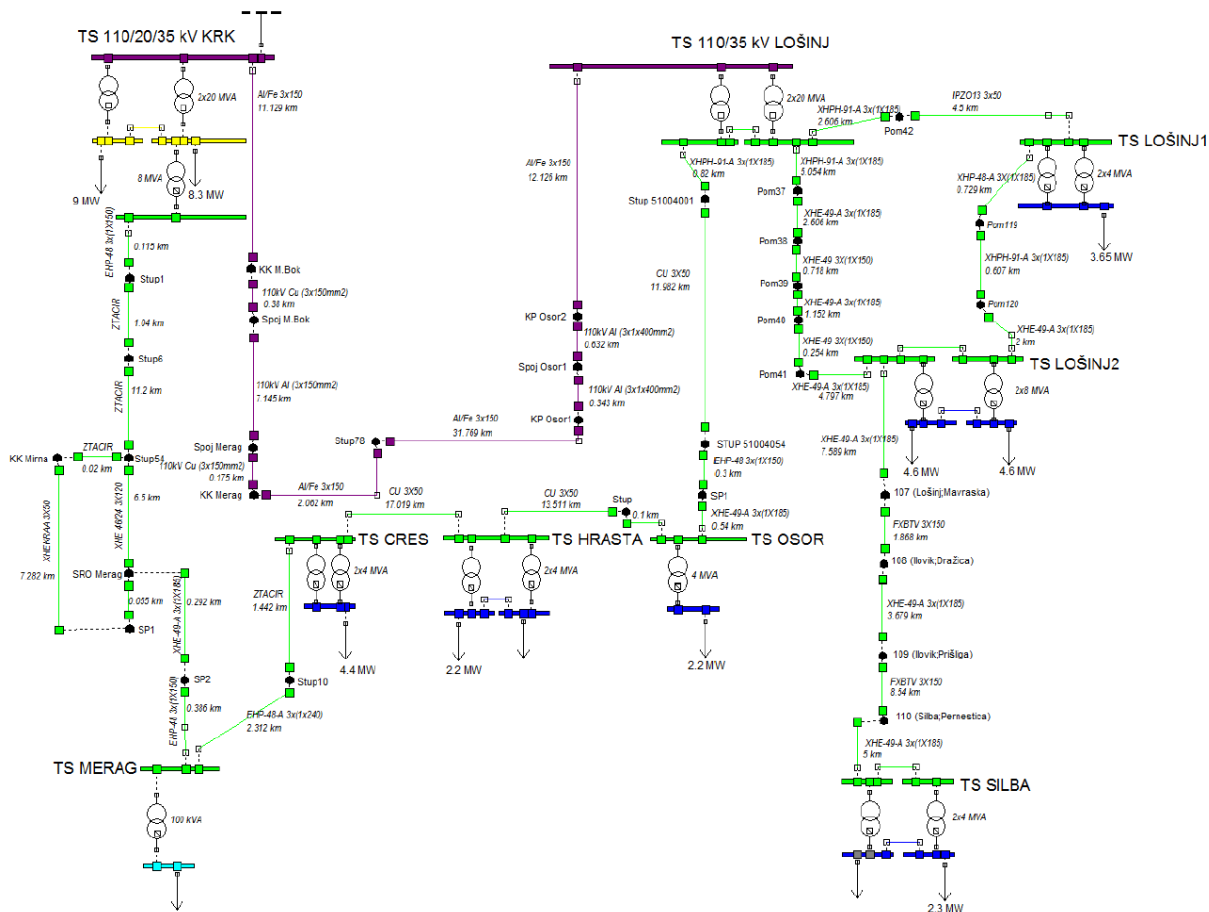
Slika 1. Prikaz 110 kV (crveno) i 35 kV (plavo) mreže predmetnog područja

Već nekoliko puta je izvan pogona bio 110 kV vod ili transformatori 110/35 kV. Neraspoloživost 110 kV mreže je bio problem koji se nije mogao cjelovito riješiti napajanjem iz Krka. Analizom je ustanovljeno da je ograničavajuća dionica 35 kV podmorski kabel 50 mm² između Krka i Cresa. Taj vod je dobio prioritarno mjesto u planu investicija. 2013. godine je na toj dionici položen novi 35 kV podmorski kabel 120 mm², čime je riješena najskuplja i najzahtjevnija dionica. Zbog sadašnjeg vršnog opterećenja i prognoziranog budućeg, a uzimajući u obzir da se ovo područje ne može cjelovito i optimalno riješiti iz 35 kV mreže Elektroprimorja to se pristupilo planskom i sustavnom rješavanju napajanja pogona Cres – Lošinj na 35 kV naponskom nivou na način da se optimalno definiraju zahvati i projekti koji će polučiti maksimalnu iskoristivost 35 kV mreže, čime će se problem napajanja svesti na prihvatljivu razinu. U prethodnom poglavlju su definirane tri skupine zahvata – projekata (35 kV izvor u TS 110/20/35 kV Krk, prijenosna moć 35 kV vodova i preveliki pad napona) čijom realizacijom se rješavaju osnovni zahtjevi rezervnog napajanja. Svaki zahvat – projekt je definiran prema kriterijima perspektivnosti i racionalnosti izvedbe, uzimajući u obzir postojeće stanje. Svako rješenje je razmatrano u više varijanti od kojih su odabrane optimalne. Za povećanje prijenosne moći vodova su razmatrani: vrste i presjeci vodiča te tehnologija izvedbe. Za regulaciju napona su predlagane varijante sa 35 kV autotransformatorima, a izabrana je varijanta serijskog pogona transformatora u TS 110/35 kV Lošinj. Prijedloge, varijante i rješenja 35 kV izvora u TS 110/20/35 kV Krk će se detaljnije obraditi u nastavku.

3. RJEŠENJE 35 kV IZVORA U TS 110/20/35 kV KRK

Rezervno napajanje 35 kV mreže se i sada ostvaruje u TS 110/20/35 kV Krk, tj. TS 110/20/35 kV Krk je objektivno jedini mogući izvor rezervnog napajanja. TS 110/20/35 kV Krk je građena kao TS 110/35 kV, koja je u to vrijeme bila i izvor osnovnog napajanja pogona Cres – Lošinj. Pri prelasku sjevernog dijela otoka Krka na 20 kV napajanje trafostanica je rekonstruirana u TS 110/20 kV Krk, 35 kV mreža otoka Krka je ukinuta, dok je rezervno napajanje pogona Cres – Lošinj ostvareno realizacijom transformacije 20/35 kV, 8 MVA, što je u tom trenutku bila i maksimalna prijenosna moć 35 kV voda prema Cresu. Kasnijem u razvoju 110 kV mreže prema Cresu i Lošinju te intervencijama na 35 kV vodu se ukazala potreba za žurnim rješavanjem kapaciteta izvora rezervnog napajanja, tj. povećanja snage na 35 kV naponskom nivou u TS 110/20/35 kV Krk. Prije odabira rješenja se pristupilo temeljitijoj i

sveobuhvatnoj analizi i izboru najprihvatljivijeg rješenja uzimajući u obzir postojeće stanje, moguća rješenja, planirana opterećenja, ekonomske parametre izgradnje i gubitaka radi neisporuke električne energije. Vodilo se računa i o mogućnosti priključenja novoga transformatora, tj. o kapacitetima i mogućnostima proširenja 110 kV, 20 kV i 35 kV postrojenja. Na postojećem platou trafostanice nema mogućnosti izvedbe novog 110 kV TP, tako da je u startu otpala mogućnost ugradnje dodatnog transformatora 110/35 kV. Proširenja 20 kV i 35 kV postrojenja nisu moguća bez značajnijih zahvata i financijskih ulaganja.



Slika 2. Blok shema 110 kV i 35 kV napajanja otoka Cresa, Lošinja i Silbe

Detaljnije je razmatrano pet mogućih i prihvatljivih varijanti:

- 1) Ugradnja novog transformatora 20/35 kV, 20 MVA (postojeći transformator 20/35 kV, 8 MVA se koristi kao „hladna“ rezerva ili se preraspoređuje na drugu lokaciju).
- 2) Ugradnja novog transformatora 110/20(35) kV, 20 MVA i zadržavanje postojećeg transformatora 20/35 kV, 8 MVA za redovno napajanje TS 35/20 kV Cres iz TS 110/20/35 kV Krk. Novi transformator bi se pri dugoročnijem ispadu 110 kV mreže prespajao na 35 kV napon, a tek tada uključivao na 35 kV vod prema Cresu.
- 3) Ugradnja novog transformatora 110/20(35) kV, 20 MVA. Postojeći 20/35 kV, 8 MVA se preraspoređuje na drugu lokaciju, (čime se Cres ne bi mogao redovito napajati iz Krka), 35 kV strana je spojena na 35 kV vod, ali nije u pogonu. Ispadom 110 kV napajanja Lošinja transformator bi se prespojio i uključilo bi ga se u 35 kV mrežu Cresa i Lošinja.
- 4) Ugradnja novog tronamotnog transformatora 110/35/20 kV, 40/20/20 MVA (postojeći transformator 20/35 kV, 8 MVA se koristi kao „hladna“ rezerva ili se preraspoređuje na drugu lokaciju).
- 5) Ugradnja novog tronamotnog transformatora 110/35/20 kV, 40/40/20 MVA (postojeći transformator 20/35 kV 8 MVA se koristi kao „hladna“ rezerva ili se preraspoređuje na drugu lokaciju).

Pri odabiru najbolje varijante je razmatrano niz kriterija od kojih su najvažniji raspoloživost transformatora (vrijeme i potrebni zahvati za uspostavu rezervnog napajanja 35 kV mreže), te smanjenje gubitaka što se postiže redovitim napajanjem otoka Cresa iz Krka i transformacijom sa manjim gubitcima. Parametri odabira transformacije za povećanje snage na 35 kV naponskom nivou u TS 110/20/35 kV Krk radi rezervnog napajanja Cresa i Lošinja u slučaju neraspoloživosti 35 kV napajanja u TS 110/35 kV Lošinj su:

- Zbog potrebe dugoročnog korištenja transformatora u redovitom pogonu (povećanje raspoložive snage na 20 kV naponu za potrebe napajanja područja Krka i smanjeni gubici redovnog napajanja Cresa), su transformatori 110/20(35) kV, 20 MVA i 110/35/20 kV, 40/20/20 MVA povoljniji od transformatora 20/35 kV, 20 MVA.
- Zbog male snage u redovitom pogonu, tj. zbog energetske učinkovitosti su transformatori 110/35/20 kV, 40/20/20 MVA ili 110/20(35) kV, 20 MVA povoljniji od transformatora veće snage 110/35/20 kV, 40/40/20 MVA.
- Transformator 110/35/20 kV, 40/20/20 MVA je povoljniji od transformatora 110/20(35) kV, 20 MVA uzimajući u obzir uklapanje istoga u različite moguće kombinacije dinamike i redoslijed realizacije pojedinih faza izgradnje drugog 110 kV voda Krk – Lošinj i TS 110/35/20 kV Cres.
- Korištenjem transformatora 110/20(35) kV, 20 MVA bi, u slučaju neraspoloživosti 110 kV voda Krk – Lošinj, bilo potrebno preklapanje sekundarnog namota i priključak/prespajanje istoga na 35 kV vodno polje prema Cresu. Takvi zahvati/prespajanja nisu potrebni kod transformatora 110/35/20 kV, 40/20/20 MVA, te je on u pogledu pogona bitno povoljniji.

Uzimajući u obzir relativno malu razliku u cijeni po dodatnim instaliranim MVA i prednosti u pogonu te neznatno manje gubitke, tj. ispunjavanjem svih pozitivnih parametara, kao najbolje rješenje je odabrana **ugradnja transformatora 110/35/20 kV, 40/20/20 MVA.**

Odabrano rješenje se u potpunosti uklapa u postojeću jednopolnu shemu 110 kV, 35 kV i 20 kV postrojenja, tj. da potrebni zahvati na njima su minimalni. Najveći zahvat je novi temelji i sabirnik ulja za transformator – potrebni u svim varijantama, iako različitih oblika, dimenzija i pozicija. Potrebni su manji zahvati u primarnu opremu – zamjena strujnih mjernih transformatora u postojećem 35 kV sklopnom bloku. Radi fleksibilnosti zaštitno - upravljačkih uređaja, funkcije zaštite i lokalnog upravljanja tronamotnog transformatora će se realizirati dogradnjom modula u postojeće uređaje. Kao poseban problem ostaje automatska regulacija napona, postojećim regulatorom napona se ne može automatski regulirati i napon na 35 kV strani transformatora, što je potrebno pri opterećenju samo 35 kV namota transformatora ili njegovim bitno većim udjelom u odnosu na ukupnu snagu transformacije. Sada se regulator neće mijenjati već će se regulacija vršiti sa postojećim regulatorom regulirajući napon na 20 kV strani, uz unaprijed zadana i kontrolirana opterećenja na 35 i 20 kV izlazima transformatora, a ručnom regulacijom istoga u slučaju izvanrednog pogona. Ukoliko se pokaže potreba, što će svakako doprinijeti kvaliteti i fleksibilnosti napajanja, naknadno će se zamijeniti regulator napona, tj. ugraditi će se regulator za tronamotne transformatore.

4. ODABIR TEHNIČKIH KARAKTERISTIKA TRANSFORMATORA 110/35/20 kV

Odabir prijenosnog omjera, nazivnih napona i napona kratkog spoja

Pri odabiru karakteristika novog tronamotnog 110/35/20 kV energetskog transformatora bilo je neophodno osigurati mogućnosti redovnog i izvanrednog napajanja 35 kV mreže otoka Cresa i Lošinja, kao i redovnog napajanja 20 kV mreže dijela otoka Krka. Također, novi transformator je, radi prebacivanja konzuma, trebao omogućiti kratkotrajni paralelni rad sa postojećim transformatorom 110/20 kV u TS 110/20 kV KRK, kao i sa postojećim transformatorima 110/35 kV u TS 110/35 kV LOŠINJ.

Karakteristike postojeća dva 110/20 kV energetska transformatora u TS 110/20 kV KRK, od kojih se jedan demontira i zamjenjuje novim, su slijedeće: prijenosni omjer $110 \pm 10 \times 1,5\% / 10,5 - 21 / (10,5)$ kV, snage 20/20/6,67 MVA, grupe spoja YNyn0(d5), napon kratkog spoja $u_k = 11\%$. Karakteristike 110/35 kV energetskih transformatora u TS 110/35 kV LOŠINJ su slijedeće: prijenosni omjer $110 \pm 10 \times 1,5\% / 36,75 / (10,5)$ kV, snage 20/20/6,67 MVA, grupe spoja YNyn0(d5), naponi kratkog spoja $u_k = 11\%$.

Nazivni naponi tronamotnog transformatora su odabrani da odgovaraju naponima postojećih transformatora, s tim što je, radi velikih dužina 35 kV vodova i očekivanog pada napona, središnji položaj 35 kV preklopke na 36,75 kV. Zbog ograničenja u mogućim gabaritima novog transformatora te jednostavnosti i cijene istoga, razmatrana je i mogućnost da se transformator izvede bez stabilizacijskog namota. Realizirana je konstrukcija transformatora sa tercijarnim (stabilizacijskim) namotom, tako da su konačni prijenosni omjer i nazivni naponi novog transformatora $110 \pm 10 \times 1,5\% / 36,75 \pm 2 \times 2,5\% / 21 / (10,5)$ kV.

Napon kratkog spoja bi zbog paralelnog rada trebao biti što bliži naponima kratkog spoja postojećih transformatora, dakle oko 11%. Ali budući se radi o kratkotrajnom paralelnom radu prebacivanja konzuma, a ne dugotrajnim potpomagajućim paralelnim napajanjima potrošača, istovjetnost napona kratkog spoja nije presudna. Tako je, u analizi sa projektantima novog transformatora zaključeno da napon kratkog spoja na 20 kV strani iznosi 11%, dok će na 35 kV strani, zbog konstrukcijskih uvjeta, iznositi 19%. Konstruiranje transformatora da zadovolji uvjet od 11% u_k uzrokovalo bi povećanje troška izrade, što tehnokonomski nije opravdano, budući se radi, kako je već navedeno, o kratkotrajnim i rijetkim događajima.

Odabir nazivnih snaga transformatora

Iz spomenutih uvjeta proizašla je i snaga novopredviđenog energetskeg transformatora, i to na 20 kV strani od 20 MVA (u skladu sa snagom postojećeg transformatora koji se mijenja), te na 35 kV strani od također 20 MVA, koliko je iznosilo maksimalno opterećenje u trenutku ispada napojne TS 110/35 kV te preuzimanja napajanja kompletne 35 kV mreže iz TS 110/20/35 kV KRK. Budući da je moguće da se u istom trenutku dogodi izvanredno napajanje cijele 35 kV mreže i redovno napajanje 20 kV mreže otoka Krka, za ukupnu snagu novog energetskeg transformatora je odabrana vrijednost od 40 MVA. Snaga stabilizacijskog napona je tipski odabrana kao trećina snage cijelog transformatora, odnosno 13.333 MVA.

Budući je moguće, ako se ispad napojne TS 110/35 kV Lošinj dogodi u ljetnoj sezoni, te da opterećenja na napajanom 35 kV vodu narastu i iznad 20 MVA (dobrim dijelom i zbog gubitaka na vodu i kapacitivne komponente), kod naručivanja transformatora je uvjetovano da se konstruira na način da omogući kratkotrajna preopterećenja 35 kV namota, te da se kod ispitivanja obave i netipska ispitivanja zagrijavanja transformatora sa izradom dijagrama duljine dopuštenog trajanja preopterećenja za 120% i 140% opterećenja 35 kV namota, u ovisnosti o vanjskoj temperaturi. Na taj način dobit će se točni uvid u izdržljivost transformatora na preopterećenje, te će dispečeri imati informaciju koliko ga mogu preopteretiti (vremenski i iznosom) u danom trenutku, a da time ne utječu na smanjenje njegovog životnog vijeka.

Odabir grupe spoja

Iz uvjeta paralelnog rada sa postojećim energetskeg transformatorima u TS 110/20 kV KRK i TS 110/35 kV LOŠINJ, gdje svi transformatori imaju grupu spoja YNyn0, bilo je očito da će i novi tronamotni energetski transformator morati imati grupu spoja YNyn0yn0, kako bi se omogućilo prebacivanje konzuma sa jednog transformatora na drugi bez potrebe za beznaponskom pauzom i isključenjem velikog broja kupaca. U normalnom pogonu 20 kV mreže TS 110/20 kV KRK ostvaren je kriterij n-1 napajanja, tj. jedan energetski transformator 110/20 kV, snage 20 MVA, je dovoljan za napajanje kompletnog 20 kV konzuma te trafostanice, te je to i uobičajeno uklopno stanje. U skoroj budućnosti se očekuje povećanje vršnog opterećenja otoka Krka tako da već sada treba poduzimati mjere očuvanja kriterija n-1 napajanja.

Rješenje regulacije napona

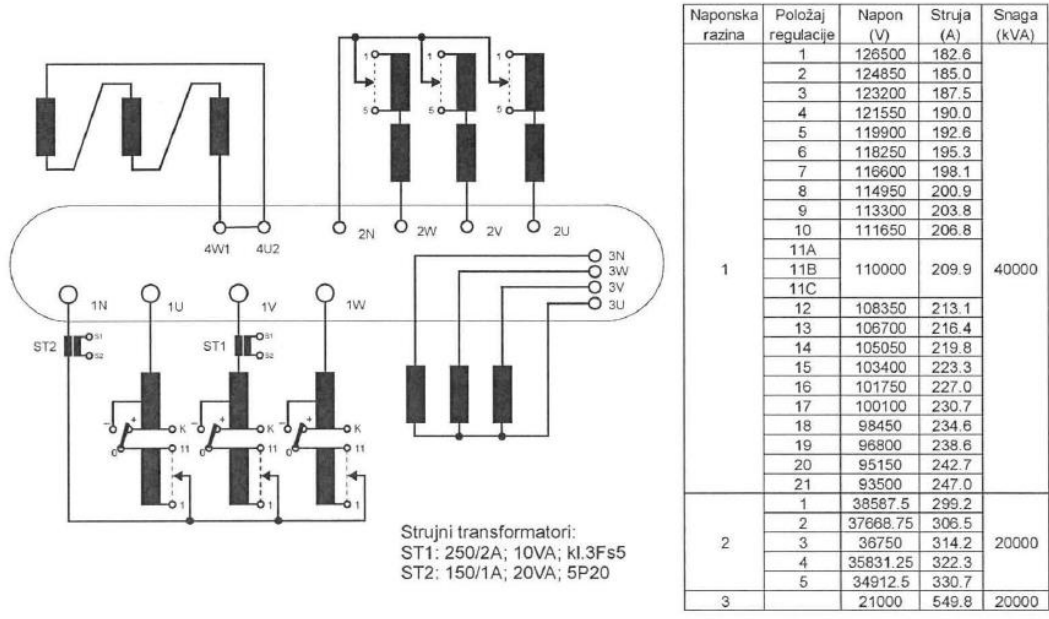
Za regulaciju napona odabrano je standardno rješenje regulacije napona pod opterećenjem na visokonaponskoj strani, ugradnjom regulacijske sklopke sa motornim pogonom na 110 kV strani, sa 21 položajem, kojom se istovremeno regulira napon i na 35 kV i na 20 kV strani u opsegu od +15% do -15% ($\pm 10 \times 1,5\%$). No osim tog standardnog rješenja, zbog specifičnosti napajane 35 kV mreže (velika dužina mreže i opterećenja u izvanrednom pogonu koja uzrokuju i velike padove napona) u 35 kV namotu je predviđena ugradnja ručne regulacijske preklopke u opsegu od $\pm 2 \times 2,5\%$ koja može poslužiti za dodatno povećanje iznosa izlaznog 35 kV napona da bi se kompenzirao veliki pad napona na toj duvoj dionici.

Naravno, taj izlazni napon ne smije biti viši od maksimalno dopuštenog napona opreme u 35 kV sklopnom bloku ove kao ni drugih trafostanica u nizu (prema normi to iznosi 40,5 kV).

Stupanj izolacije

Normom HRN EN 60076-3 propisani su standardni stupnjevi izolacije za odabrane naponske nivoe, i tako su tehničkom specifikacijom naručenog transformatora i odabrani. Za nazivni napon transformatora 110/36,75/21/(10,5) kV odabrani su stupnjevi izolacije LI550 AC230/LI170 AC80/LI125 AC 50/(AC28).

Kod odabira stupnjeva izolacije razmatrana je mogućnost, koju norma HRN EN 60076-3 dopušta, da se za stupanj izolacije 110kV nul točke transformatora odabere snižena vrijednost ispitnog napona, uz uvjet da je 110 kV zvjezdište direktno uzemljeno, što je ovdje svakako slučaj. U tom slučaju stupanj izolacije preporučen normom je minimalno AC38 (što odgovara Um opreme od 17,5 kV), s time da normom nije propisano nužno ispitivanje udarnim naponom, ali može biti zahtijevano od korisnika. Primjena takvog uvjeta omogućila bi uštedu kod odabira provodnog izolatora za 110 kV nul-točku, a i kod odabira regulacijske sklopke, budući bi i ona mogla biti dimenzionirana za manji naponski nivo, jer se ugrađuje na fazne namote odmah do spoja na zvjezdište. Ugradnjom takve regulacijske sklopke nešto bi se smanjile i dimenzije samog transformatora, kao i količina potrebnog izolacijskog ulja, što bi također dovelo do uštede kod izrade transformatora. No, s obzirom na izvedbe postojećih 110 kV transformatora i eventualne mogućnosti izmjena u koncepciji uzemljenja zvjezdišta u 110 kV mreži, ipak se odabralo sigurnije rješenje sa punim stupnjem izolacije.



Slika 3. Shema odabranog tronamotnog transformatora

5. ZAKLJUČAK

Prezentirano rješenje odabranog transformatora 110/35/20 kV, 40/20/20 MVA optimalno rješava povećanje snage rezervnog 35 kV izvora u TS 110/35/20 kV Krk. Transformator je ključni element izvora koji zadovoljava sve promatrane parametre. Integracija istoga u postojeću trafostanicu, na mjesto postojećeg transformatora 110/20 kV, 20 MVA, je jednostavna, odnosno potrebni su minimalni zahvati i financijska sredstva. Pri odabiru karakteristika transformatora se naišlo na nekoliko problema koji su se mogli riješiti i na drugačiji način kao što su: regulacija napona na 35 kV strani, izolacijska razina 110 kV nultočke, stabilizacijski namot. Ta pitanja traže i detaljniju stručnu razradu iz koje mogu proizaći tipska rješenja.

Tronamotni transformator 110/35/20 kV je unikatno rješenje u mreži Elektroprimorja. Još nema iskustava iz pogona istoga. Kao mogući problem koji se može pojaviti je variranje izlaznih napona pri

variranju opterećenja, a što se može sanirati kontroliranom preraspodjelom opterećenja i regulacijom napona oba izlaza. Ovakva rješenja su moguća i u drugim trafostanicama sa 110 kV, 35 kV i 20 kV naponom, iako svaku situaciju treba posebno sagledati, analizirati, te odabrati tehnički prihvatljivo rješenje.

6. LITERATURA

- [1] ENERGETSKI INSTITUT HRVOJE POŽAR , "STUDIJA RAZVOJA MREŽE 110 kV i 35 kV NA PODRUČJU POGONA CRES – LOŠINJ“, prosinac 2017.
- [2] KONČAR D&ST, „Dokumentacija za odobrenje ENERGETSKI TRANSFORMATOR TRP 40000-123/GD“, Zagreb, 14.11.2017.
- [3] prof. dr. Tomislav Kelemen , "TERCIJAR TRANSFORMATORA, ŠTO I KAKO S NJIM“, Energija