

Ruđer Dimnjaković, dipl.ing.
HEP ODS d.o.o Elektra Zagreb
ruđer.dimnjakovic@hep.hr

Željko Miklež, dipl.ing.
HEP ODS d.o.o Elektra Zagreb
zeljko.miklez@hep.hr

PRIJELAZ POGONA SAMOBOR NA 20 KV NAPONSKU RAZINU– ISKUSTVA I IZAZOVI

SAŽETAK

U ovom radu opisana su praktična iskustva s pripremom i prijelazom s 10 kV na 20 kV naponsku razinu na području Pogona Samobor, te iskustva s pogonom srednjenaponske mreže i radom opreme koja je dotad bila pod naponom 10 kV na 20 kV naponsku razinu, s posebnim naglaskom na transformatore, srednjenaponske nadzemne vodove i kabele.

Ključne riječi: 20 kV, srednjenaponska mreža, transformatori, nadzemni vodovi, kabele

SWITCH TO 20 KV VOLTAGE IN SAMOBOR AREA – EXPERIENCES AND CHALLENGES

SUMMARY

This paper describes the experiences with preparation and switch from 10 kV to 20 kV voltage level in the Samobor area and experiences with running the medium voltage network equipment level after the switch from 10 kV to 20 kV voltage, with a special accent on transformers, medium voltage overhead lines and cables.

Key words: 20 kV, medium voltage network, transformers, overhead lines, cables

1. UVOD

U prijašnje vrijeme a i danas u velikom dijelu srednjenaponske mreže HEP ODS-a koriste se transformacija 110/30(35) kV te nakon nje transformacija 30(35)/10 kV. U toj konfiguraciji mreže postoje su tri naponske razine – 110 kV, 30(35) kV i 10 kV. Već dulje vrijeme strategija HEP ODS-a je napuštanje ove konfiguracije mreže u korist jedne transformacije 110/20 kV i dvije naponske razine – 110 kV i 20 kV.

Prednost ovakve konfiguracije je što se izbacuje jedna transformacija i jedna naponska razina čime se smanjuju gubici u mreži. Pored toga, struje u srednjenaponskoj mreži smanjuju se na pola čime se smanjuju i gubici na kabelima i nadzemnim vodovima te se omogućuje njihovo opterećenje većim snagama. Također ovim se pojednostavljuje upravljanje mrežom budući da se 30/10 kV trafostanice ukidaju pa se smanjuje ukupan broj trafostanica s kojima je potrebno upravljati. Budući da prijelaz na 20 kV zahtijeva velika sredstva i opsežne pripreme to je obično dugotrajan postupak.

Kako bi se 10 kV mreža pripremila na prijelaz na 20 kV potrebno je prilagoditi svu opremu da odgovara nazivnom naponu od 20 kV. Tako je potrebno zamijeniti kabele i izolatore maksimalnog nazivnog napona 10 kV onima koji podnose 20 kV, dok se trafostanice prijenosnog omjera 10/0,4 kV opremaju preklopivim transformatorima 10(20)/0,4 kV koji se u kratkom roku u beznaponskom stanju mogu prebaciti na 20 kV, dok se u trafostanicama 110/10 kV ugrađuju preklopivi transformatori prijenosnog omjera 110/10(20) kV.

Stara 30 kV mreža prijelazom na 20 kV gubi svoju funkciju, te se obično ukida ali često se pojedini elementi ove mreže mogu koristiti i nakon prijelaza na 20 kV budući da su dimenzionirani za viši napon.

U ovom radu bit će objašnjena iskustva u planiranju i izvedbi prijelaza na 20 kV mreže HEP ODS-a, Elektro Zagreb na području Pogona Samobor.

2. PLANIRANJE PRIJELAZA NA 20 KV

2.1. Pogonsko stanje mreže Pogona Samobor prije prijelaza na 20 kV

Kao prvo, ukratko ćemo opisati konfiguraciju mreže Pogona Samobor. Ovaj rad se ne bavi 110 kV naponskom razinom budući da se kod nje ništa ne mijenja i u nadležnosti je HOPS-a. Konzumno područje Pogona napajalo se preko trafostanica 4TS102 Samobor prijenosnog omjera 110/10 kV, 4TS27 Rakitje prijenosnog omjera 110/30/10 kV i 3TS110 Kalinovica prijenosnog omjera 30/10 kV koja se napajala iz 4TS27 Rakitje. Iz ovih trafostanica napajalo se 346 trafostanica prijenosnog omjera 10/0,4 kV, od toga 201 iz 4TS102, 100 iz 4TS27 i 45 iz 3TS110.

Iz 4TS102 Samobor napajaju se trafostanice koje napajaju većinom kupci na području Grada Samobora dok se iz 4TS27 Rakitje napajaju trafostanice iz kojih se napajaju većinom kupci na području Grada Svete Nedelje.

Ovdje ćemo ukratko opisati način uzemljenja nultočke transformatora 110/10(20) kV na srednjem naponu. U obje trafostanice radi se o transformatorima grupe spoja Yyn(d5) sa tercijarom spojenim u trokut kao stabilizacijskim namotom. Nultočka primara je kod svih ovih transformatora kruto uzemljena, dok je nultočka sekundara transformatora u trafostanici 4TS102 Samobor uzemljena preko Petersenove prigušnice koja je instalirana nekoliko godina prije prijelaza na 20 kV dok je nultočka sekundara transformatora u 4TS27 Rakitje uzemljen preko maloohmskog otpornika koji ograničava struju zemljospoja na 300 A.

Teritorijalno, Pogon Samobor graniči s Pogonom Zaprešić, Pogonom Klara i Sjedištem Elektro Zagreb, te Pogonom Jastrebarsko i Ozalj Elektro Karlovac. Bitno je napomenuti da su svi ovi pogoni u prijašnjem razdoblju prešli na 20 kV tako da je Pogon Samobor jedini ostao na 10 kV bez mogućnosti povezivanja s ostalim pogonima bilo na 10 kV bilo na 30 kV naponskoj razini.

Trafostanica 4TS27 Rakitje bila je na 30 kV naponskoj razini povezana s trafostanicama 30/10 kV TS Podsused i TS Brezovica ali kako je u ovim trafostanicama prijelazom na 20 kV svojih područja ukinuta 30 kV naponska razina i postale su 20 kV rasklopišta ove veze su privremeno ugašene.

Na 20 kV razini postojala je mogućnost veze s Pogonom Sveta Klara koja je također bila u pripremi za prijelaz na 20 kV, te mogućnost veze sa Sjedištem Zagreb preko dva kabela koja je također bila u pripremi kako bi se nakon prijelaza na 20 kV mogla koristiti. Jedina veza s okolnim pogonima na srednjem naponu bila je iz Elektre Karlovac preko 10 kV voda iz 4TS Zdenčina preko transformatora koji je samo u tu svrhu ostao na 10 kV dok se ostatak područja napajanog iz spomenute trafostanice napajao na 20 kV. Pored razloga opisanih u uvodu i ovo je bio važan razlog za prijelaz Pogona Samobor na 20 kV.

Prije prijelaza na 20 kV naručena je Studija razvoja distribucijske mreže Pogona Samobor u kojoj je AHP metoda upućivala na potrebu prijelaza na 20 kV.

Problem koji je dugo kočio prijelaz na 20 kV je bio to što je glavna veza prema napojnom području 3TS110 Kalinovica bio 30 kV vod koji je zbog velike starosti bio u lošem stanju te je bilo potrebno osigurati zamjenu u vidu kabela. Najzahtjevniji dio kod polaganja ovog kabela bilo je polaganje dionice kabela ispod autoceste za što je obavljeno koordinacija sa HAC-om. Nakon što je ova veza osigurana razvile su se sve pretpostavke za prijelaz na 20 kV.

2.2. Stanje elemenata mreže i potrebne prilagodbe prije prijelaza na 20 kV

U ovom potpoglavlju bit će ukratko opisano stanje elemenata mreže prije prelaska na 20 kV kakvo je bilo 2013. godine, prije početka najintenzivnijih aktivnosti vezanih uz prijelaz na 20 kV.

Trafostanica 4TS102 Samobor opremljena je s dva preklopiva transformatora prijenosnog omjera 110/10,5(21)/10,5 kV, snage 20 MVA, grupe spoja YNyn(d5) s tercijarom kao stabilizacijskim namotom koji ostaju u pogonu i na 20 kV. Trafostanica 4TS27 Rakitje bila je opremljena jednim transformatorom istih karakteristika kao i prethodno opisani transformatori u 4TS102 koji je ostao u pogonu na 20 kV i jednim transformatorom prijenosnog omjera 110/31,5/10,5 kV, snage 40/40/13,33 MVA. Ovaj transformator je u sklopu prijelaza na 20 kV bilo potrebno zamijeniti transformatorom prijenosnog omjera 110/10,5(21) kV, s tim da je odabran transformator nazivne snage 40 MVA zbog toga što je trafostanica 4TS27 preuzela sav konzum spojen na trafostanicu 3TS110 Kalinovica kao i zbog tendencije rasta opterećenja. Trafostanica 3TS110 Kalinovica bila je opremljena s dva jednim transformatorom prijenosnog omjera 30/10 kV nazivne snage 8MVA. Ova trafostanica je prijelazom na 20 kV ukinuta i zamijenjena 20 kV rasklopištem napajanim 20 kV kabelom iz 4TS27 Rakitje

U trafostanicama prijenosnog omjera 10(20)/0,4 kV bilo je potrebno zamijeniti 53 transformatora koji nisu bili preklopivi s preklopivim transformatorima prijenosnog omjera 20(10)/0,42 kV različitih nazivnih snaga. U 8 kabelskih trafostanica zamijenjeni su SN razvodi nazivnog napona 10 kV. Na velikom broju stupnih trafostanica zamijenjene su neodgovarajuće usne SN osigurača i odvodnici prenapona nazivnog napona 10 kV.

Kabelska mreža je većinom bila spremna za 20 kV napon međutim bilo je potrebno zamijeniti velik broj starih kabela tipa EHP 48-A koji su polagani 80-ih godina te su došli blizu kraja svog životnog vijeka. Kod ovih kabela se iz prijašnjih iskustava s prijelazom na 20 kV ustanovilo da zbog starosti imaju smanjenu pouzdanost jer učestalo dolazi do proboja na slabim mjestima kad se kabel prebaci na 20 kV napon zbog većeg naponskog naprezanja.

Nadzemni srednjenaponski vodovi na području Pogona Samobor izvedeni su većinom na čelično-rešetkastim stupovima sa otcjepima izvedenim na drvenim stupovima. Kod nadzemnih vodova bilo je potrebno zamijeniti veliki broj izolatora starijeg tipa novim izolatorima s punom jezgrom budući da postojeći nisu bili zadovoljavajući za 20 kV napon. Osim izolatora bilo je potrebno zamijeniti i odvodnike prenapona s odvodnicima prenapona nazivnog napona 20 kV.

3. IZVEDBA PRIJELAZA NA 20 KV

3.1. Organizacijski izazovi

Nakon što je mreža priremljena za napon 20 kV bilo je potrebno organizacijski isplanirati sam prijelaz na 20 kV. Ovo je bio zahtjevan zadatak zbog velikog dijela mreže koji istovremeno prelazi na 20 kV. Zaključeno je da će se prijelaz na 20 kV obaviti u dvije etape. Odlučeno je da će u prvoj etapi koja je bila planirana za 2014. godinu biti obavljen prijelaz na 20 kV područja napajanog iz 4TS27 Rakitje, dok će se u drugoj etapi koja je planirana za 2016. godinu biti obavljen prijelaz područja napajanog iz 4TS102 Samobor. Prijelaz na 20 kV je ovako podijeljen zato što je mreža napajana iz 4TS27 novija i na njoj su bile potrebne manje pripreme nego na mreži napajanoj iz 4TS102.

Sveukupno, u prvoj etapi na 20 kV je prešlo 145 TS 10/0,4 kV, 120 kilometara kabelskih vodova i 36 kilometra nadzemnih vodova, dok je za drugu etapu planiran prijelaz 201 TS 10/0,4 kV, 137 kilometara kabelskih vodova i 64 kilometra nadzemnih vodova.

3.2. Prva etapa – prijelaz područja 4TS27 na 20 kV

Kao prvo, obavljen je pregled svih trafostanica koje su trebale prijeći na 20 kV. Prije prijelaza na 20 kV bilo je potrebno prekontrolirati otpor uzemljenja svih trafostanica. Ovo je bilo značajno na ovom području zbog toga što je u spomenutoj trafostanici uzemljenje nultoečke na 10(20) kV izvedeno preko maloohmskog otpornika pa je vrlo bitno da u slučaju pojave maksimalne struje zemljospoja ograničene otpornikom, na opremi ne može pojaviti nedozvoljeno visok napon dodira.

Organizirati prijelaz na 20 kV bio je složen zadatak. Zbog toga je bilo potrebno izraditi plan prijelaza na 20 kV. U prijelazu na 20 kV trebalo je paziti na više izazova. Budući da je 20 kV postrojenje u 4TS27 izvedeno pomoću blokova punjenih SF₆ plinom te u njemu postoji samo jedan set sabirnica sekcioniran na dva dijela što je predstavljalo izazov budući da svaki transformatora napaja pojedinu petlju sa jedne strane. Ovo znači da se za vrijeme prijelaza na 20 kV ne može ostvariti kriterij n-1 jer nema mogućnosti obostranog napajanja, te je potrebno sam prijelaz obaviti što brže kako bi se ovaj rizik što više smanjio. Zbog toga je u prijelazu bila potrebna koordinacija više ekipa iz cijelog distribucijskog područja kako bi se kadrovski sve moglo organizirati.

Kako bi se olakšalo planiranje, mreža koja je prelazila na 20 kV podijeljena je u 10 petlji. U svakoj petlji nalazilo se 6 do 18 trafostanica, ovisno o konfiguraciji mreže na području pojedine petlje. U izvedbi plana gledalo se što je više moguće osigurati zadovoljavanje kriterija n-1. Zbog toga su se kao ispomoć koristile 20 kV veze prema susjednim područjima. Tako se uspjelo, bez obzira na nepovoljnu konfiguraciju sabirnica u 4TS27 Rakitje maksimalno smanjiti vrijeme u kojem kriterij n-1 nije zadovoljen, iako se u nekim dijelovima mreže zbog konfiguracije to jednostavno nije moglo napraviti.

Organizacijski, rad je bio organiziran na način da su u trafostanicama radile ekipe od tri radnika, s time da je jedna ekipa u jednom danu stigla obaviti obavila sve radove potrebne za prijelaz na 20 kV u dvije kabele, odnosno četiri stupne trafo stanice. Dnevno je radilo do četiri ekipe. Na ovaj način za prelazak jedne petlje, ovisno o broju trafostanica trebalo je jedan do tri dana. Pored ovih ekipa ukapčanja i iskapčanja obavljala je ekipa stalne pogonske službe u koordinaciji sa pogonskim dispečerom, a podešavanje zaštite u trafostanicama u kojima je trebalo podesiti zaštitu radila je specijalizirana ekipa zadužene za zaštitu. Pored toga, ekipe Odjela za mjerenje morale su na dan prelaska obaviti izmjenu strujnih i prespajanje naponskih mjernih transformatora u trafostanicama s mjerenjem na srednjem naponu

Prije prijelaza na 20 kV bilo je nužno osigurati dobru komunikaciju s kupcima koji se napajaju na srednjem naponu. Takvih kupaca na području 4TS27 Rakitje bilo je 13. Budući da je kod predmetnih kupaca transformator i niski napon u vlasništvu stranke bilo je potrebno osigurati da će kupac obaviti sve potrebne pripremne radnje prije prijelaza na 20 kV. Komunikacija s ovim kupcima bila je dobra i nije bilo problema i nesuglasica.

Sam prijelaz obavljen je na idući način: prvo bi ekipa stalne pogonske službe iskopčala sve trafostanice u kojima se radilo i osigurala mjesto rada u svim trafostanicama koje bi se taj dana radile. Zatim bi ekipe koje radi održavanje preklapile transformator na 20 kV, podesile i ispitala funkcioniranje zaštite transformatora, zamijenile SN osigurače i jednopolne sheme, postavile nove oznake SN elemenata koji su prešli na 20 kV i očistile trafostanicu. Nakon što su sve ekipe završile s radom ekipa stalne pogonske službe bi ukopčala trafostanice, ispitala sinkronizam i smjer okretnog polja, ispitala

napon na NN sabirnicama i ukoliko je bilo potrebno podesile regulacijske preklopke transformatora. Nakon toga, pušteni su pod napon NN izvodi i kupci su dobili napajanje.

Prijelaz na 20 kV ovog područja trajao je od 11.9.2014. godine do 14.10.2014. godine, s time da se radilo od ponedjeljka do petka tako da je za prijelaz ukupno trebalo 22 radna dana.

3.3. Međufaza

U ovoj fazi srednjenaponska mreža Pogona Samobor napajala se na dvije naponske razine. Dio napajan iz 4TS27 Rakitje napajao se nazivnim naponom od 20 kV dok se dio napajan iz 4TS102 Samobor napajao nazivnim naponom od 10 kV. U ovoj fazi obavljali su se preostali pripremni radovi za prijelaz mreže napajane iz 4TS102 na 20 kV napon.

Što se tiče pogonskog stanja mreže bitno je napomenuti da je ostvarena mogućnost veze na 20 kV naponu prema područjima napajanim iz trafostanica 110/20(10) kV 4TS19 Podsused, 4TS23 Botinec i 4TS Zdenčina čime se povećala pouzdanost napajanja mreže napajane iz 4TS27 Rakitje. Pritom je područje napajano iz 4TS102 Samobor ostalo jedino na 10 kV te nije postojala mogućnost veze na srednjem naponu prema susjednim konzumnim područjima.

3.4. Druga etapa – prijelaz područja 4TS102 na 20 kV

Prijelaz srednjenaponske mreže konzumnog područja 4TS102 na 20 kV planiran je za 2016. godinu. U sklopu priprema za prijelaz obavljene su sve potrebne radnje čime su ostvareni osnovni preduvjeti za uspješan prijelaz na 20 kV ove mreže.

U konfiguraciji ove mreže postoje značajne razlike u odnosu na mrežu napajanu iz 4TS27. Glavna razlika odnosi se na izvedbu 10 kV razvoda u trafostanici 4TS102. On je izveden s ćelijama sa vakuumskim prekidačima, pri čemu postoje dva sistema sabirnica. Ovakva izvedba SN razvoda značajno olakšava postupak prijelaza na 20 kV jer osigurava da se u toku prijelaza na 20 kV svaka petlja može napajati s obje strane bilo s 10 kV bilo s 20 kV naponom što znači da je očuvan kriterij n-1 u slučaju ispada bilo koje trafostanice u petlji.

Ovu mrežu karakterizira drugačiji način uzemljenja nultoeke transformatora 110/10(20) kV koje je izvedeno pomoću Petersenove prigušnice.

Još jedna razlika je što ova mreža ima veći udio zračne mreže i stupnih trafostanica u odnosu na srednjenaponsku mrežu napajanu iz 4TS27. To je bitno jer sa stupnim trafostanicama ima manje posla uza vrijeme samog prijelaza na 20 kV. Također, kabelska mreža na ovom području je relativno starija te treba uzeti u obzir mogućnost kvarova na kabelima kad će bit i opterećeni naponom od 20 kV.

U toku prijelaza na 20 kV jedan transformator 110/10(20) kV će napajati jedan sabirnički sistem s 10 kV naponom dok će drugi transformator 110/10(20) kV napajati drugi sabirnički sistem s 20 kV naponom. Na taj način se svaki izvod može napajati bilo s 10 kV bilo s 20 kV naponom. U ovoj konfiguraciji potreban je povećan oprez dispečera kako bi se otklonila mogućnost slučajnog kratkog spoja između 10 kV i 20 kV naponske razine.

Izazov kod ove mreže bilo je stanje transformatora 110/10(20) kV u 4TS102. Ovi transformatori su starijeg datuma zbog čega im je pouzdanost smanjena. Kako u toku prijelaza srednjenaponske mreže na 20 kV svaki transformator napaja drugu naponsku razinu ne postoji mogućnost rezerve u slučaju ispada jednog transformatora. Zbog toga je odlučeno da će cijela srednjenaponska mreža napajana iz 4TS102 prijeći na 20 kV napon u jednoj etapi kako bi se ovaj rizik sveo na najmanju moguću mjeru.

Mreža je podijeljena na 14 petlji sa između 4 i 27 trafostanica, ovisno o konfiguraciji mreže. Pravovremeno je osigurana komunikacija i suradnja s kupcima na srednjem naponu kojih je u ovom dijelu mreže ukupno 7.

Sam način prijelaza na 20 kV bit će isti kao i kod prve etape opisane u točki 3.2. Trajanje prijelaza na 20 kV bit će 20 radnih dana.

3.5. Stanje mreže nakon prijelaza na 20 kV

Još jedna posljedica prijelaza na 20 kV je revitalizacija velikog dijela mreže budući da je oprema koja je mijenjana u sklopu prijelaza bila većim dijelom starijeg datuma te je zamijenjena novom tako da je to utjecalo i na pouzdanost napajanja na području cijelog Pogona. Kako su struje u srednjenaponskoj mreži ovim smanjene na pola smanjili su se i gubici u srednjenaponskoj mreži, te se otvorila mogućnost većeg opterećenja mreže.

Prijelazom na 20 kV srednjenaponska mreža Pogona Samobor napaja se iz trafostanica 4TS102 Samobor iz koje se napaja 201 trafostanica prijenosnog omjera 20(10)/0,4 kV i 4TS27 Rakitje iz koje se napaja 145 trafostanica prijenosnog omjera 20(10)/0,4 kV.

Nakon prijelaza na 20 kV cijelog Pogona Samobor otvaraju se mogućnosti boljeg povezivanja sa susjednom mrežom na 20 kV naponskoj razini. U slučaju potrebe sada postoji veza na 20 kV prema konzumnim područjima trafostanica prijenosnog omjera 110/20 kV TS Zdenčina, 4TS23 Botinec i 4TS19 Podsused.

4. ZAKLJUČAK

Kao što vidimo iz prethodno navedenih podataka, prijelaz na 20 kV je izuzetno zahtjevan poduhvat. Kao prvo, priprema mreže za 20 kV zahtijeva puno vremena i ulaganja, no budući da je prijelaz na 20 kV dugoročna strategija mreža je tokom godina dobro pripremljena za prijelaz na 20 kV tako da je u zadnjim godinama prije prijelaza ostao relativno mali dio posla za obaviti.

Iz prethodno navedenog opisa prijelaza vidi se da je planiranje samog operativnog plana prijelaza ključni dio za sam prijelaz na 20 kV. Budući da je sam prijelaz nešto što se ne događa stalno, on je izvanredan zahvat i kod planiranja je potrebno uzeti u obzir karakteristike i specifičnosti mreže obuhvaćene prijelazom, budući da je svaka mreža drugačija.

Pri samom činu prijelaza nužno je poduzeti mjere kako bi se osigurala što veća pouzdanost napajanja. Zbog toga je ako je moguće petlje koje prelaze na 20 kV treba planirati na način da se osigura mogućnost rezervnog napajanja iz ostatka mreže. Budući da većina trafostanica naponske razine 110/10(20) kV ima konfiguraciju s dva transformatora, tokom prijelaza jedan transformator zajedno sa jednim dijelom SN postrojenja mora biti naponskoj razini 10 kV a drugi na naponskoj razini 20 kV, zbog čega je nužno umanjena mogućnost rezervnog napajanja.

Budući da tokom prijelaza na 20 kV privremeno istovremeno postoje naponska razina od 20 kV i naponska razina 10 kV izuzetno je važna dobra komunikacija kako bi se spriječilo moguće nehotično spajanje ova dva napona i havarije koje s tim mogu biti prouzročene. I na kraju, ali vrlo važno je organizirati prijelaz na 20 kV na način da kupci pretrpe što je manje moguće neugodnosti, odnosno da što kraće budu bez napona.

5. POPIS LITERATURE

- [1] Tehnička dokumentacija Elektre Zagreb, Pogona Samobor
- [2] Zdravko Pamić – Iskustva kod prijelaza rada kableske mreže s 10 na 20 kV – 1. savjetovanje HO CIRED 2008
- [3] Institut za elektroprivredu i energetiku d.d. – Noveliranje stanja prijelaza na 20 kV srednjenaponsku razinu na opskrbnom području 4TS27 Rakitje i otvoreni problemi