

Tomislav Kopjar
HEP-ODS d.o.o., Elektra Varaždin
tomislav.kopjar@hep.hr

Igor Đurić
HEP-ODS d.o.o.
igor.duric@hep.hr

TS 110/35/20 kV NEDELJANEC – MODERNIZACIJA SEKUNDARNIH SUSTAVA RELEJNE ZAŠTITE I VOĐENJA

SAŽETAK

U opsegu kapitalne rekonstrukcije TS 110/35 kV Nedeljanec, paralelno s rekonstrukcijom objekta, zamjenom primarne opreme srednjonaponskog postrojenja i uvođenjem nove transformacije 110/20 kV, izvršena je i nužna modernizacija sekundarnog sustava relejne zaštite. Novi sustav relejne zaštite u nadležnosti HEP ODS-a, uz srednjonaponsko postrojenje, obuhvaća i TR 110/20 kV. Dodana vrijednost zamjene sekundarne opreme je uvođenje u sustav daljinskog vođenja Elektre Varaždin čime je ostvaren potpuni nadzor nad funkcijama dijela objekta u nadležnosti vođenja i održavanja HEP ODS-a.

U radu su predstavljene mogućnosti modernog sustava zaštite i vođenja s pregledom primijenjenih zaštitnih funkcija, uvažavajući složenost i značaj postrojenja i pojedinih njegovih dijelova. Predstavljena su iskustva, zahtjevi i ograničenja koji su se pojavili tijekom pripreme i ostvarenja projekta u kontekstu razgraničenja nadležnosti i odgovornosti nad dijelovima opreme i postrojenja u zajedničkom elektroenergetskom objektu HEP ODS-a i HOPS-a. Predstavljena su i provedena ispitivanja sustava zaštite koja su preduvjet za sigurno puštanje u pogon novog postrojenja. U radu su prikazani osnovni principi izrade parametarskih lista u svrhu ostvarenja pouzdanog nadzora; lokalno iz transformatorske stanice i daljinski iz dispečerskog centra.

Ključne riječi: transformatorska stanica, TR 110/20 kV, relejna zaštita, sustav daljinskog vođenja

SS 110/35/20 kV NEDELJANEC – MODERNIZATION OF SECONDARY RELAY PROTECTION AND REMOTE CONTROL SYSTEMS

SUMMARY

Within the scope of major reconstruction of SS 110/35 kV Nedeljanec, parallel to the construction works, replacement of primary medium-voltage switchgear and introduction of new transformation 110/20 kV also relay protection system was upgraded and modernized. New relay protection system installed, serviced and utilized by HEP ODS (DSO) is set for medium voltage switchgear and 110/20 kV transformer. Connection to the remote control system used by Elektra Varaždin is an added value of the secondary system replacement whereby the complete surveillance of substation functions under the responsibility of HEP ODS has been established.

This article presents the modern protection and remote control system with the overview of used protection functions and some aspects of project preparation (list of signals for SCADA) and substation commissioning, taking into account complexity and importance of this substation and its parts. Some project experience on solving technical requirements and regulatory limitations (in context of responsibilities and jurisdictions of HEP ODS and HOPS) is presented.

Key words: substation, transformer 110/20 kV, relay protection; remote control system

1. UVOD

1.1. TS 110/35/20 kV Nedeljanec – značaj zajedničkog objekta operatora prijenosne i distribucijske mreže

Transformatorska stanica 110/35/20 kV Nedeljanec (prije rekonstrukcije TS 110/35 kV Nedeljanec), i danas je, nakon skoro 60 godina pogona i nekoliko revitalizacija, ključno čvorište prijenosne mreže na sjeveru Hrvatske. Iz ove transformatorske stanice ostvarene su međudržavne 110 kV veze sa Slovenijom i Mađarskom, omogućeno je preuzimanje energije proizvedene u hidroelektranama HEP-Proizvodnje, proizvodnog područja Sjever, te iz termoelektrane Jertovec. TS 110/35/20 kV Nedeljanec značajan je objekat i za HEP-Operatora distribucijskog sustava kao jedna od dvije pojne točke prstenaste 35 kV mreže Elektre Varaždin, te je izvor napajanja konzuma dijela područja Varaždina, Vinice, Novog Marofa i vlastite potrošnje HE Varaždin. Ugradnjom transformacije 110/20 kV postaje i pojna točka za prelazak dijela gradske i prigradske mreže zapadno od Varaždina s 10 kV na 20 kV, te u budućnosti za povezivanje sa 20 kV mrežom napajanom iz TS 110/20/10 kV Ivanec.

Ukupni prostor transformatorske stanice je većih dimenzija, sastoji se od nekoliko zgrada i vanjskih površina, pri čemu ujedno služi kao baza za stalno pogonsko osoblje HOPS-a, uklopničare nadležne za manipulacije prijenosnom mrežom na sjeveru Hrvatske. Istočna zgrada objekta u čijem prizemlju i na katu se nalazilo srednjonaponsko postrojenje pripada HEP ODS-u i nema posadu. Do ove rekonstrukcije SN postrojenje nije bilo u sustavu daljinskog vođenja Elektre Varaždin, te je kod neočekivanih pogonskih događaja na 35 kV mreži, pravodobna reakcija uvelike ovisila i o pomoći posade HOPS-a na lokaciji.

Ugradnjom transformacije 110/20 kV, a sukladno pravilima o razgraničenju nadležnosti na sučelju prijenosne i distribucijske mreže (03.2013), osim srednjonaponskog postrojenja, HEP ODS postaje nadležan i za novougrađeni transformator 110/20 kV, pripadnu sekundarnu opremu zaštite i regulacije u 110 kV trafo polju, te upravlja prekidačem trafo polja na 110 kV. Istim pravilima, HOPS-u pripada transformator 110/35 kV, te upravlja prekidačem trafo polja na 35 kV. Navedena pravila o razgraničenju tako su uvjetovala proširenje opsega rekonstrukcije dijela postrojenja u nadležnosti HEP ODS-a i na postojeće ormare zaštita i upravljanja trafo poljima 110 kV.

1.2. Opseg rekonstrukcije i modernizacija sekundarnog sustava

Kako je sekundarna oprema 110 kV postrojenja u nadležnosti HOPS-a bila modernizirana 2007.g., a vanjsko rasklopno postrojenje 110 kV 1999.g., pri čemu se zadržalo staro rasklopno postrojenje i sekundarna oprema HEP ODS-a, sada se, paralelno uvođenju nove transformacije pokazala nužna potreba investiranja u novo postrojenje HEP ODS-a. Tako se ova rekonstrukcija odnosi na distributivni dio postrojenja i sustava. Nositelj projekta je HEP ODS, uz minimalno zadiranje na rubne susretne dijelove postrojenja na sučelju prema HOPS-u. Detaljnije opisano u [1].

Općenito, rekonstrukcijom su pokriveni nabava novog transformatora 110/20 kV snage 40 MVA, međutransformatora 35/20 kV snage 16 MVA, zamjena kompletnog SN postrojenja ugradnjom sklopnih blokova s terminalima polja, izmicanje dijela nadzemnih vodova u krugu transformatorske stanice i polaganje 35 i 20 kV kabela, ugradnja dva nova otpornika za uzemljenje zvjezdišta i MTU postrojenja 35 i 20 kV, opremanje novih mjernih mjesta sukladno pravilima razgraničenja prema operatoru prijenosne mreže, postavljanje ormara daljinskog vođenja i sustava vođenja s komunikacijskim vezama unutar objekta prema svim uređajima od interesa. Rekonstrukcija podrazumijeva nabavu, postavljanje, konfiguriranje i funkcionalno ispitivanje svih sustava.

Važna stavka ove rekonstrukcije bila je zamjena sekundarnih sustava zaštite te uspostava daljinskog vođenja. Kako ova transformatorska stanica dosad nije bila u sustavu daljinskog vođenja Elektre Varaždin, a od iznimnog je značaja za ovo područje, planiranom modernizacijom sekundarnih sustava ujedno su riješeni svi nedostaci starog postrojenja, obnovljena je funkcija postrojenja za sljedećih nekoliko desetljeća i uspostavljena su nova tehnološka rješenja koja povećavaju vrijednost i učinkovitost u korištenju objekta.

Sva stara elektrostatička zaštita SN postrojenja tako je zamijenjena terminalima polja proizvođača Siemens, tipa 7SJ63, uz dodatak diferencijalne zaštite međutransformatora tipa 7UT61 i zaštite otpornika 7SJ62. Terminali polja povezani su zvjezdastom optičkom mrežom sa nadređenim sustavom upravljanja i komuniciraju s njim po IEC61850 protokolu.

Kod planiranja opsega rekonstrukcije, odlučeno je da dio opreme koji se odnosi na ormare zaštite i upravljanja 110 kV, dosad kompletno u vlasništvu HOPS-a, neće biti zamijenjen. Zaštita 110 kV trafo

polja 1 (nova transformacija 110/20 kV) u ormaru =E6+R4, koja dijelom prelazi u nadležnost HEP ODS-a, radi zadržavanja jednoobraznosti i postojeće funkcionalnosti u sklopu svih ormara zaštite 110 kV polja tako je zadržana, ali uz nužne preinake u ožičenju ormara i prilagodbi razmjene informacija prema upravljačkim sustavima. Dotična numerička oprema, ABB RET 521 (diferencijalna zaštita i automatska regulacija napona) i SIPROTEC 7SJ62 (zaštita malog otpora -R1), stara 15-ak godina (detaljnije opisano u [2]), tako se zadržava do daljnjeg, uz naznaku da bi trebalo planirati njihovu zamjenu u okviru zamjene kompletne sekundarne opreme ormara zaštite i upravljanja svih 110 kV polja. S obzirom da je, osim spomenuta dva uređaja, većina te opreme u nadležnosti HOPS-a, očekuje se dogovor i zajedničko planiranje ove zamjene u budućnosti, pretpostavljeno i poželjno unutar narednih 10-ak godina.

Ormar daljinskog vođenja HEP ODS-a je proizvod Končar – KET-a, uz korištenje procesnog računala ARK 3440 sa PROZA NET SCADA sustavom, te prikazom jednopolne sheme, stanja sustava, tablica i lista alarma i događaja na operatorskom mjestu. SCADA sustav komunicira sa svim terminalima polja 35 i 20 kV postrojenja putem IEC61850 standarda, a razmjenjuju se i informacije prema LSA sustavu HOPS-a. Osim toga, na novi sustav spojeni su i prethodno spomenuti uređaji 110 kV TP1 koji po novim pravilima o razgraničenju pripadaju HEP ODS-u. Unutar ormara postavljene su i dvije Siemensove UI jedinice (SIPROTEC 6MD613 i A8000) za prikupljanje ostale signalizacije iz postrojenja i s novog transformatora 110/20 kV. Preko ovog staničnog računala, omogućen je prihvati sve bitne signalizacije i upravljanje transformatorskom stanicom iz dispečerskog centra Elektre Varaždin.

Istosmjerni razvod se koristi postojeći u nadležnosti HOPS-a, uz proširenje koje pripada HEP ODS-u. Isto vrijedi i za izmjenični razvod, s time da HEP ODS u dijelu svojeg objekta postavlja podrazvod za vlastite potrebe.

Uvođenjem nove protupožarne zaštite HEP ODS-a i zadržavanjem postojeće HOPS-a, protupožarne zaštite sada su zasebne za svakog operatora i pripadne dijelove objekta, uz obostranu razmjenu informacija od interesa. Nadzor nad ulaskom u dijelove objekta također je odvojen sukladno nadležnostima.

2. ŠTIĆENJE BITNIH SASTAVNICA TS 110/35/20 kV NEDELJANEC

2.1. Zaštite transformatora i podjela nadležnosti

U pogledu šticeanja, najvažniji i najkompleksniji pojedinačni objekti koji se štite u TS 110/35/20 kV Nedeljanec su dva energetska transformatora 110/x kV, svaki snage 40 MVA. Novi transformator 110/20 kV (-TR1) prema *Načelima razgraničenja djelatnosti proizvodnje, prijenosa i distribucije električne energije*, u vlasništvu je HEP ODS-a, dok je stari zadržani transformator 110/35 kV (-TR2) vlasništvo HOPS-a.



Slika 1. Transformator -TR1 110/20 kV – nadležnost HEP ODS

Osim uobičajenih primarnih zaštita transformatora 110/x kV (Buchholz releji, plinski relej regulacijske sklopke, odušnici, kontakti termometri ulja i namota, relej međupoložaja regulacijske sklopke), u tablici I. prikazana je podjela po funkcijama numeričkih zaštita ostvarenih za oba

transformatora prema nadležnostima operatora, kako za primarnu, tako i za sekundarnu stranu. Iako većina ovih zaštita isklapa obje strane transformatora (VN i SN), svrstane su načelno na određenu stranu sukladno mjernim veličinama koje registriraju i na koje se pokreću zaštite. Automatska regulacija, kao jedna od bitnijih funkcija iste numeričke opreme, također je navedena iako nije inherentno zaštitna funkcija. U tablici su prikazane samo zaštite koje isklapaju prekidače, dok je ostala signalizacija upozorenja (termička zaštita, naduzbuda i dr.) izostavljena radi preglednosti prikaza.

Kako je prema sporazumu za 110/20 kV transformatore točka razgraničenja nadležnosti nad upravljanjem i zaštitama između sabirničkog rastavljača i prekidača na 110 kV strani, tj. HEP ODS upravlja prekidačima 110 kV i 20 kV, tako su i zaštitne funkcije koje se odnose na opremu u nadležnosti HEP ODS-a, dok su systemske zaštite u nadležnosti HOPS-a. Za usporedbu, kod transformatora 110/35 kV, HOPS upravlja prekidačima i na 110 i na 35 kV (granica nadležnosti između prekidača i sabirničkog rastavljača na 35 kV), pa je posljedično i većina zaštita pod njihovom nadležnošću. Ugradnjom novih sklopnih blokova sa terminalima polja na 35 i 20 kV, pojavio se novi uređaj zaštite na SN stranama transformatorskih polja, uz zadržavanje starih u ormarima 110 kV transformatorskih polja tako da su zaštite koje se sad pojavljuju kod oba operatora za isti transformator u dogovoru međusobno usklađene, tj. postignuta je selektivnost na način da prvo prorađuju zaštite onog operatora koji je nadležan za pojedini transformator, dok su zaštite drugog operatora u rezervi.

Tablica I. Pregled nadležnosti nad numeričkim zaštitama transformatorskih polja (funkcionalno)

	TRANSFORMATOR 1 (-TR1) 110/20 kV		TRANSFORMATOR 2 (-TR2) 110/35 kV	
	HEP-ODS	HOPS	HEP-ODS	HOPS
110 kV	➤ Nadstrujna ➤ Neovisna nadstrujna ➤ Diferencijalna	➤ Rezervna nadstrujna ➤ Podfrekventna ➤ Sabirnička zaštita	-	➤ Nadstrujna ➤ Neovisna nadstrujna ➤ Diferencijalna ➤ Ograničena zemljospojna ➤ Sabirnička zaštita
SN (20, 35 kV)	➤ Nadstrujna ➤ Ograničena zemljospojna ➤ Zemljospojna (premoštenje otp.) ➤ Usmjerena zemljosp. ➤ Zaštita od zatajenja prekidača ➤ Podfrekventna ➤ Zaštita otpornika R1 ➤ Automatska regulacija napona*	-	➤ Rezervna nadstrujna ➤ Rez. zemljospojna (premoštenje otp.) ➤ Usmjerena zemljosp. ➤ Podfrekventna ➤ Zaštita od zatajenja prekidača ➤ Automatska regulacija napona*	➤ Nadstrujna ➤ Zemljospojna (premoštenje otp.) ➤ Podfrekventna ➤ Zaštita otpornika R2

Unutar istog ormara 110 kV trafo polja 1 =E6+R4, izvršena je podjela uređaja zaštite prema nadležnostima operatora; RET 521 i 7SJ62 za zaštitu otpornika -R1 pripali su HEP ODS-u i direktno su spojeni na podsustav Elektre, dok je 7SJ62 za podfrekventnu zaštitu i rezervnu nadstrujnu zaštitu 110 kV strane ostao HOPS-u. Ova podjela izazvala je i značajno preožičavanje ormara te podjelu i ostalih sitnijih elemenata poput automata napajanja i signalnih krugova što u konačnici uzrokuje donekle nejasnu crtu razgraničenja unutar samog ormara trafo polja 110 kV, s obzirom na međupovezanost svih uređaja. Dobra suradnja tehničkog osoblja oba operatora na ovoj crti razgraničenja stoga je od velike važnosti za ispravno funkcioniranje i održavanje sustava.

Energetski transformator -TR3 35/20 kV, snage 16 MVA, osim primarnim, štiti se i sekundarnim numeričkim zaštitama u pripadnim trafo poljima 35 i 20 kV, i to usmjerenim nadstrujnim i zemljospojnim zaštitama, zaštitama od zatajenja prekidača (na terminalu polja) te diferencijalnom i ograničenom zemljospojnom zaštitom (na releju diferencijalne zaštite u polju 35 kV). Aktivirana je i termička zaštita koja služi samo za signalizaciju upozorenja. Za ograničenu zemljospojnu zaštitu odabrano je da se štiti sekundarna strana transformatora, s obzirom da je na ugrađenom releju dostupan samo jedan stupanj ove zaštite, te se na sekundarnoj strani mogao zaštitom pokriti veći dio namota, slično kao i kod energetskog transformatora -TR1 110/20 kV.



Slika 2. Ormari sekundarne opreme 110 kV polja: vodna polja (lijevo); trafo polja 1 i 2 (sredina); novi ormar obračunskog mjerenja i kvalitete energije (desno)

2.2. Zaštite 35 i 20 kV polja

SN postrojenje sastoji se od 12 polja na naponskom nivou 35 kV, i 12 polja na 20 kV. Postrojenje je s jednim sistemom sabirnica za svaku sekciju. Osim vodnih i trafo polja, tu su i polja kućnih transformatora, mjerna polja, polja MTU te spojno polje. Zaštita svakog polja ostvarena je na numeričkom terminalu polja SIPROTEC 7SJ63.



Slika 3. Dio obnovljenog SN postrojenja na katu zgrade

Vodna polja, zračna i kabela, polja kućnih transformatora, polja MTU štite se standardno nadstrujnim zaštitama (zaštita od preopterećenja i zaštita od dvopolnih i trolnih kratkih spojeva), zemljospojnim zaštitama, pri čemu usmjerene zemljospojne zaštite osiguravaju ispravno neprorađivanje kod pojave kapacitivnih struja prilikom kvarova u drugim poljima, te zaštitama od zatajenja prekidača.

Zaštitama od zatajenja prekidača duž SN postrojenja, izvedenim žičano među poljima, osigurana je kratkotrajna blokada brzih stupnjeva nadstrujne zaštite nadređenih polja, ali i njihov isključ u slučaju zatajenja prekidača u nižerangiranom polju. Logika ove zaštite je izvedena tako da uzima u obzir i uklopno stanje, tj. mogućnost napajanja i preko međutransformatora, tako da u slučaju, npr. zatajenja prekidača u vodnom polju, ispada i nadređeno transformatorsko polje i polje međutransformatora odnosno spojno polje, već ovisno o tome preko kojeg se dobiva napajanje.

Mjerna polja opremljena su naponskom zaštitom pomaka nulte točke za daljinsku signalizaciju pojave dozemnog spoja u predmetnoj mreži, te podfrekventnom zaštitom u 4 stupnja, čije djelovanje je

grebenastim preklopkama rasporedivo po vodnim poljima, radi mogućnosti postizanja dodatne selektivnosti prilikom podfrekventnog rasterećenja. Ova zaštita zasad se ne koristi, osim u transformatorskim poljima, jer već u drugom stupnju podfrekventne zaštite transformatora ispadaju energetske transformatori 110/x kV, sukladno planu podfrekventnog rasterećenja HOPS-a.

Funkcija spojnog polja, iako je spremna, ostvariti će se tek u daljoj budućnosti, potpunim napuštanjem i gašenjem 35 kV mreže i prelaskom na 20 kV.

2.3. Otpornici za uzemljenje zvjezdišta

SN mreža, iako postoje samo dvije sekcije, 35 i 20 kV, opremljena je sa tri mala otpora za uzemljenje zvjezdišta. Iako ekonomski i logički nije najjednostavnije rješenje, ovo je izravna posljedica zahtjeva HOPS-a da otpornik u zvjezdištu transformatora -TR2 110/35 kV (-R2) ne bude korišten i za potrebe napajanja 35 kV sabirnica preko međutransformatora -TR3 35/20 kV i -TR1 110/20 kV radi jasne podjele odgovornosti nad upravljanjem otpornicima i transformatorima. Posljedično, HEP ODS ugrađuje dva nova otpornika, jedan za uzemljenje zvjezdišta -TR1 110/20 kV (-R1) i jednog za spomenutu situaciju međutransformacije u zvjezdištu 35 kV transformatora -TR3 35/20 kV (-R3).

Otpornici za 35 kV mrežu su 70 Ω nazivne struje 300 A, a otpornik za 20 kV mrežu je 40 Ω , nazivne struje također 300 A.

Otpornik -R1 štićen je postojećim zadržanim relejom 7SJ62 u okviru ormara zaštite 110 kV trafo polja 1, kojeg je HEP ODS preuzeo nakon izmještanja nekadašnjeg transformatora 1 110/35 kV novim transformatorom -TR1 110/20 kV. Otpornik -R2 štiti se zadržanom zaštitom HOPS-a u okviru ormara zaštite 110 kV trafo polja 2 (=E3+R5), a otpornik -R3 novo dodanim relejom 7SJ62 u okviru ormarića upravljanja rastavljačem otpornika -R3 u prizemlju postrojenja HEP ODS-a gdje se i nalaze novi otpornici -R1 i -R3.

Otpornici se štite uobičajeno u nekoliko stupnjeva nadstrujne, odnosno zemljospojne zaštite, pri čemu se mjeri struja sa po dva obuhvatna strujna mjerna transformatora, s obje strane samih otpornika a prema termičkoj izdržljivosti samih otpornika. Zaštita otpornika selektivna je u odnosu prema vodnim poljima i zaštitama transformatora, te se ne očekuje njezina prorada osim u izvanrednim okolnostima, a ukoliko se ipak dogodi, isključuju se pripadni energetske transformatori koji napajaju kvar. Isto tako, zemljospojnom zaštitama u okviru energetskih transformatora podešenim na dvostruku nazivnu vrijednost struje otpornika osigurana je zaštita od premoštenja otpornika kad struje zemljospojnih kvarova mogu postati iznimno visoke.

3. ISPITIVANJA PRIJE PUŠTANJA U POGON

Puštanje u pogon rekonstruirane TS 110/35/20 kV Nedeljanec podrazumijevalo je provedbu velikog broja provjera i ispitnih postupaka nad raznim dijelovima postrojenja i opreme. Kako se ovdje radi o većem postrojenju te o nadležnostima dvaju međupovezanih operatora mreže, ugradnji novih energetskih transformatora, uvođenju nove primarne opreme srednjeg napona i kompletne zamjene sekundarne opreme u SN dijelu s uvođenjem u SDV Elektre Varaždin, tako je sve to zahtijevalo i velik angažman izvođača i nadzora investitora oko ispitivanja svih funkcija postrojenja.

Posebno su važna ispitivanja koja se provode samo prije prvog puštanja u pogon radi dokazivanja ispravnosti posebnih zaštitnih i mjernih funkcija, s obzirom na nemogućnost i besmislenost njihovog ponavljanja kasnije u pogonu. Takva ispitivanja zahtijevaju da veći ili cijeli dio postrojenja bude isključen, te se dokazuje ispravnost veza ili konfiguracija za koje nije zamišljeno da se u toku radnog vijeka postrojenja mijenjaju.

Primarna i sekundarna ispitivanja se provode na principu da se simuliraju određena kvarna stanja i prorade pripadnih zaštita do one razine do koje je moguće simulirati bez oštećivanja opreme, te da se prilikom ispitivanja provjeravaju cjeloviti krugovi zaštita sa djelovanjima na prekidače i detaljnom provjerom pojave svih signala na svim nadređenim operatorskim mjestima; u TS na operatorskim mjestima HEP ODS-a i HOPS-a, te daljinski u dispečerskim centrima Elektre Varaždin i HOPS-a (CDU Tumbri). Osim ovih, provodi se i nekoliko proba dovođenjem mreže u stvarno stanje kvara (dozemni spoj u SN mreži) radi potvrde ispravnosti usmjerenja zaštita – ispravnog ožičenja i polariteta svih mjernih i logičkih krugova usmjerenih zaštita SN vodnih polja, ograničene zemljospojne zaštite transformatora i pogonskih mjerenja.

Ispitivanja nad energetskom primarnom i sekundarnom opremom tako se mogu naznačiti u nekoliko međusobno povezanih cjelina, s natuknicama o pojedinim detaljima:

1) Funkcionalna ispitivanja opreme novougrađenih transformatora:

- ispitivanje djelovanja upravljačkih i signalnih krugova regulacijske sklopke i veza prema regulatoru (-TR1 110/20 kV)
- ispitivanja djelovanja upravljačkih i signalnih krugova sustava rashlade transformatora (-TR1 110/20 kV)
- ispitivanja krugova primarne zaštite i simulacija prorada releja; Buchholz, kontaktni termometar ulja i namota, odušnici, ZRRS
- provjera omjera transformacije energetskog transformatora i pripadnih mjernih krugova narivanjem nižeg ispitnog napona na 110 kV strani transformatora
- snimanje krivulje prvog magnetiziranja novougrađenih transformatora uz provjeru ispravnosti elaboratom predviđenih podešenja zaštite

2) Ispitivanja nad primarnom opremom:

- ispitivanja otpora izolacija spojeva i spojnih kabela, novih sabirnica SN dijela
- provjera lokalnih i daljinskih upravljanja svim sklopnim aparatima
- provjera istoimenosti faza u svim poljima i mogućim režimima napajanja u mrežnim petljama

3) Funkcionalna ispitivanja zaštita, upravljanja i signalizacije u rekonstruiranom dijelu SN i VN sklopnog postrojenja:

- provjera ožičenja i ispravnosti svih krugova upravljanja i signalizacije u skladu s projektom
- provjera ispravnosti djelovanja mehaničkih i električnih blokada unutar polja i među poljima
- standardna ispitivanja numeričkih zaštita terminala polja u okviru pojedinog polja sekundarno i primarno narivanjem struja i napona preko mjernih transformatora, provjera polariteta mjernih grana i djelovanja na prekidač uz provjeru signalizacija
- provjera djelovanje zaštita od zatajenja prekidača među poljima SN postrojenja i prema trafo poljima 110 kV
- provjera mjerenja puštanjem struja i napona sa svih mjernih transformatora polja SN i VN uz praćenje mjernih veličina na svim uređajima od interesa: zaštite, obračunska mjerenja, operatorska mjesta u TS i u centrima upravljanja
- provjera ispravnosti djelovanja usmjerene zemljospojne zaštite u 35 i 20 kV postrojenju kontroliranim izazivanjem stvarnog jednofaznog kvara u mreži 35 i 20 kV te provjerom ispravnog registriranja pogrešnog smjera ograničene zemljospojne zaštite novih energetskih transformatora -TR1 i -TR3 zaštite prilikom tog kvara

4) Ispitivanja pomoćnih dijelova energetskog postrojenja:

- provjera ispravnosti ožičenja, djelovanja i signalizacija sustava istosmjernog napajanja i baterija
- provjera ispravnosti ožičenja, djelovanja i signalizacija sustava izmjeničnog napajanja i transformatora vlastite potrošnje
- ispitivanja upravljanja i signalizacije te ispravnog djelovanja postrojenja MTU na 35 i 20 kV
- ispitivanje sustava vatrodojave i pripadnih senzorskih polja

5) Ispitivanje sustava daljinskog vođenja:

- ispitivanje kompletne lokalne signalizacije, mjerenja i upravljanja iz svih polja i predmetne opreme, na staničnom računalu
- ispitivanje daljinske signalizacije i upravljanja, uz posebnu pažnju prema logičkom grupiranju i raspoređivanju signala za nadređene centre HEP-ODS-a i HOPS-a
- ispitivanje blokada upravljanja aparatima na sučelju operatora, sukladno nadležnostima HOPS-a i HEP-ODS-a
- ispitivanje međuračunalne veze staničnih računala HEP-ODS-a i HOPS-a uz provjeru točnosti svih razmjenjivanih informacija na operatorskim mjestima u transformatorskoj stanici

S obzirom na obujam i međupovezanost navedenih ispitivanja i činjenicu da se velik dio tih ispitivanja odvija paralelno u radu više stručnih ekipa izvođača i oba operatora mreže i u toku samih

radova, od velike je važnost pedantnost, točnost i kvalitetan nadzor i pregled nad obavljenim ispitivanjima te dobra suradnja svih ekipa. Iako ne toliko kod ove rekonstrukcije, iskustvo s terena pokazuje da pritisak rokova često znači manjak vremena za precizna i sigurna ispitivanja što posljedično značajno povećava rizike od neželjenih događaja u budućem radu postrojenja, imajući u vidu da se značajan dio ovdje spomenutih ispitivanja odrađuje samo prilikom prvog puštanja u pogon, ili u gorem neželjenom slučaju, tek nakon većih havarija.

4. UREĐAJI ZAŠTITE KAO DIO SUSTAVA DALJINSKOG VOĐENJA

4.1. Napredne mogućnosti sekundarne opreme zaštite i vođenja TS 110/35/20 kV Nedeljanec

Modernizacijom sekundarnog sustava relejne zaštite i vođenja transformatorskom stanicom Nedeljanec, ujedno su se otvorile i mogućnosti iskorištavanja velikog kapaciteta odabranih terminala polja u smislu naprednih funkcija, komunikacijskog povezivanja, korištenja veće količine informacija i obrađivanje dijela tih informacija već na samoj razini polja. U tome značajnu ulogu nosi odabrani komunikacijski standard IEC61850 za cijelo novo SN postrojenje, sada već uobičajen u ovakvim objektima. Također treba spomenuti i činjenicu da je TS 110/35/20 kV Nedeljanec optikom povezan sa dispečerskim centrima Elektre Varaždin i HOPS-a, što je preduvjet za brzu, pouzdanu i naprednu komunikaciju sa transformatorskom stanicom.



Slika 4. Stanično računalo HEP ODS-a

Korištenje naprednih mogućnosti sekundarne opreme zahtijeva određeno planiranje već u fazi projektiranja. Pritom je važno razlučiti koje funkcije donose određenu dobrobit ili uštedu kroz izgradnju i korištenje postrojenja, a koje pak čine određeni višak ili kompliciraju postupke održavanja u budućnosti, a možda nisu nužne. Tako je u slučaju TS 110/35/20 kV Nedeljanec u smislu dodatnih funkcionalnosti vrijedno spomenuti:

- 1) Međudjelovanje među poljima u TS Nedeljanec svodi se na zaštitu od zatajenja prekidača i izvedeno je žičano u skladu s projektom, a ne komunikacijom među terminalima putem IEC61850 GOOSE poruka, pri čemu mogućnost softverskog međudjelovanja ostaje za budućnost ukoliko se za time ukaže potreba ili uvedu novi uvjeti vođenja postrojenja – smanjuje se potreba za kasnijim većim preožičavanjima. Ožičavanju funkcije ZZP i nekorištenju komunikacijskih mogućnosti u ovom slučaju dana je prednost kao „čvršćem“ i bržem rješenju, uočljivijem kod kasnijih periodičkih ispitivanja (nema potrebe za proučavanjem kompleksnih konfiguracija terminala polja). Blokade upravljanja među poljima iste razine u konfiguraciji ove TS nisu nužne u većem broju; standardno žičano su izvedene sigurnosne blokade u odnosu prema nadređenim trafo poljima i određenim uklopnim stanjima, a mehaničke i električke blokade postoje već integrirane unutar samih sklopnih blokova polja.

- 2) Kod korištenih SIPROTEC terminala polja kao vrlo korisna funkcija iskorištena je mogućnost daljinskog pristupa zaštitara svim terminalima putem iste procesne komunikacijske petlje IEC61850, kao što je to već ranije učinjeno i u ostalim objektima Elektre Varaždin sa takvom ili sličnom opremom. Time su umanjuju troškovi za izvođenje posebne komunikacijske petlje za pristup zaštitara a omogućuju se praćenje i promjene nad terminalima iz nadležnog ureda, u realnom vremenu i po potrebi, bez prekidanja procesne komunikacije i nadzora nad TS-om.
- 3) Grupiranje dijela informacija (prorade pojedinih stupnjeva zaštita, alarmna signalizacija...) obavlja se logički već na samim terminalima polja, čime se smanjuje broj signala koji se šalje na stanično računalo i olakšava i čini smislenijim ne samo kasnije vođenje sustava i podjela odgovornosti različitih operatera ili stručnjaka, nego i inženjering kod prvog postavljanja sustava upravljanja. Ovo je posebno značajno kod objekata većih gabarita kao što je i TS 110/35/20 kV Nedeljanec.
- 4) Za sve terminale polja predviđeni su uređaji sa dovoljnim brojem binarnih ulaza i izlaza čime se omogućuje precizno prikupljanje sve raspoložive signalizacije iz polja. Isto tako, izabrani su uređaji sa mogućnošću usmjerenja svih zaštita. Čak i tamo gdje to nije potrebno u ovom trenutku, s obzirom na nove uvjete i mogućnost priključenja većih budućih obnovljivih izvora energija direktno na SN mrežu HEP ODS-a, potrebno je imati uređaje spremne za promjenu uobičajenih tokova snaga, jer kasnije uvođenje novih i drugačijih uređaja i djelomično zadiranje u postojeći sustav TS-a nije poželjna ni jednostavna radnja.

Osim terminala polja SN postrojenja, dio sustava HEP ODS-a su i uređaji zaštite 110 kV trafo polja 1 u ormaru =E6+R4, preuzeti od HOPS-a. Kako se radi o postojećim uređajima nešto starije generacije, i njihove komunikacijske mogućnosti su različite. No, s obzirom da su i to numerički uređaji, njihovo integriranje u sustav vođenja HEP ODS-a svodilo se na prespajanje njihovih komunikacijskih portova prema staničnom računalu HEP ODS-a, koje se opremilo prikladnim portovima i licencama (SPA/LON za ABB RET521 i IEC 60870-5-103 za SIPROTEC 7SJ62) i tako na jednostavan način preuzelo signalizaciju s tih uređaja.

4.2. Osnovni principi izrade parametarskih lista signala za vođenje transformatorske stanice

U objektu sa 24 srednjonaponska polja, poljima 110 kV, novim i starim transformatorima 110/x, dijeljenim vlasništvima nad izmjeničnim i istosmjernim razvodima, ostalim specifičnim dijelovima postrojenja i razgraničenjima između dva operatora mreže između kojih postoji međuračunalna veza i zajedničke točke od interesa, izrada parametarskih lista predstavlja izazov.

Spomenuti izazov najčešće u značajnoj mjeri pada na leđa predstavnika investitora, pri čemu se tu u pravilu radi o stručnjacima zaštite i vođenja pogona. Posljedica je to nekoliko činjenica, ujedno i principa na kojima se izrada smislenih parametarskih lista temelji: poznavanje dijeljenja odgovornosti pojedinih službi u kasnijem vođenju pogona i održavanju unutar zaduženog operatora, uobičajeni principi nazivanja i grupiranja signala u nadležnom dispečerskom centru (olakšavanje posla dispečerima), prepoznavanje svih relevantnih alarmnih stanja u samom postrojenju koja zahtijevaju reakciju i njihovo grupiranje u ovisnosti o mjestu prikaza i značaju. Kako se ovdje radi o nečem što vanjski izvođač teško može dokraja prepoznati i ustanoviti, tako se nadzor nad izradom listi mora prepustiti stručnjaku koji mora poznavati kako samo postrojenje, tako i principe rada nadležnog operatora. Budući se radi o velikom broju signala, u slučaju HEP ODS-ovog dijela TS 110/35/20 kV Nedeljanec oko 1500 pojedinačnih i izvedenih signala uvedenih u stanično računalo, njihovo postavljanje i kasnije ispitivanje predstavlja značajan angažman stručnjaka izvođača i investitora. Pedantnost u provođenju tog posla nužna je jer propušteni nedostaci mogu rezultirati kasnijim problemima u pogonu, u najgorem slučaju i propuštenim reagiranjem na potencijalne opasnosti za sigurnost i pouzdanost pogona postrojenja. Tako se prilikom ispitivanja postrojenja mora paralelno ispitivati i signalizacija na više razina i mjesta prikaza, a ujedno važno je provjeriti i ispravnost grupiranja signala na svakoj od razina.

Signaliziranje stanja provodi se sukladno postojećim operatorskim mjestima: na razini polja nadzorom sa sklopnog bloka (terminala polja) prikazom informacija na sklopnom bloku i prikazu te signalnim diodama terminala polja, sa staničnog računala sa prikazom na operatorskom računalu u TS gdje su dostupne sve detaljnije informacije iz dijela postrojenja pojedinog operatora i dio važnijih informacija iz nadležnosti drugog operatora, te u dispečerskom centru gdje se prikazuju sve relevantne informacije grupirane uglavnom u manji broj signala razumljiv dispečerima, ali koje pokrivaju sve bitne alarme i događaje iz postrojenja.

Upravljanje aparatima transformatorske stanice u normalnom stanju vrši se s nadređene i ovlaštene razine (dispečerski centar Elektre Varaždin), pri čemu je tu razinu moguće blokirati softverskom preklopkom na staničnom računalu ako se želi upravljati lokalno s razine TS na operatorskom mjestu, ili preklopkama na razini polja, ukoliko se upravlja s pojedinog sklopnog bloka.

U pogledu međuračunalne veze, važno je naglasiti dobru suradnju tehničkog osoblja HOPS-a i Elektre Varaždin, pri čemu je osnovni princip razmjena signala na način da jedan operator omogućuje drugom preuzimanje svih informacija koji su drugom od interesa. Na taj način stvara se funkcionalno sučelje gdje dispečeri svakog operatora mreže imaju dovoljno široku sliku kod upravljanja svojim dijelom transformatorske stanice.

5. ZAKLJUČAK

Modernizacija i zamjena dotrajale sekundarne opreme u sklopu većih rekonstrukcija poželjan je put kod svakog značajnog ulaganja u primarno postrojenje. Sekundarna oprema i njezino ožičenje usko su vezani uz sklopna postrojenja i nije zahvalno promatrati ih kao odvojenu cjelinu. Zato se najbolji rezultati postižu upravo planiranim cjelovitim rekonstrukcijama.

Kod objekata transformacije 110/x kV, pojavljuje se i dodatni problem razgraničenja dvaju operatora mreže, tj. potreba da se posao odrađuje zajednički bez obzira što se možda radi o samo jednom investitoru. Kako je ovo izazov za dogovornu razinu, tako je i na tehničkoj razini važno sudjelovanje i dobra komunikacija. U pogledu zamjene sekundarne opreme u TS 110/35/20 kV Nedeljanec, ovo se očitovalo najviše kod angažmana oko izmjena u ožičenju i funkcionalnosti ormara zaštite i upravljanja trafo polja 110 kV, usklađivanja elaborata zaštite, izradi parametarskih lista međuračunalne veze i provjera svih zajedničkih signalizacija, upravljanja i pripadnih blokadi, te zajedničkog puštanja u pogon novog transformatora -TR1 110/20 kV te djelomično rekonstruiranog ormara trafo polja 2 110/35 kV =E3+R5. Svi poslovi obavljeni su uspješno kroz dobru suradnju, a na zadovoljstvo oba operatora mreže.

Uvedenim novim zaštitama i naprednim funkcijama značajno je poboljšana pouzdanost pogona i unaprijeđeno vođenje dijelom TS u nadležnosti HEP-ODS-a. Ostaje potreba zajedničkog planiranja zamjene sekundarne opreme u poljima 110 kV koja je 15-ak godina stara, pri čemu je veći broj polja u nadležnosti HOPS-a. Prezeti ormar zaštite trafo polja 1 110 kV =E6+R4 koji pripada HEP ODS-u bilo bi najbolje, radi jednoobraznosti postrojenja, uklopiti u tu rekonstrukciju.

Rekonstrukcijom TS 110/35/20 kV i modernizacijom sekundarne opreme dijela postrojenja HEP-ODS-a, ova stanica uvedena je konačno i u SDV, kao posljednja kapitalna TS Elektre Varaždin koja dosad nije bila daljinski vođena, te je završen slijed rekonstrukcija 110/x objekata Elektre Varaždin. Uz TS 110/20/10 kV Ivanec, TS 110/35/20/10 kV Varaždin i TS 110/20/10 kV Kneginec, ovaj objekt predstavlja najvažniju pojnu točku distributivnog područja Elektre Varaždin. Stvorena je i nova pojna točka za nastavak prelaska SN mreže na 20 kV. U budućnosti ostaje razvijati mrežu 20 kV i rekonstruirati nekoliko starijih 35/10 kV transformatorskih stanica na području Varaždina i okolice.

6. LITERATURA

- [1] I. Đurić, D. Lukavečki, T. Kopjar, „TS 110/35/20 kV Nedeljanec – rekonstrukcija SN postrojenja sa ugradnjom TR 110/20 kV“, 13. savjetovanje HRO CIGRE, 2017.
- [2] M. Perković, I. Daidžić, B. Katušić, „Rješenje sekundarnog sustava u TS 110/35 kV Nedeljanec“, 8. savjetovanje HRO CIGRE, 2007.
- [3] D. Zubović, I. Gongola, „Rekonstrukcija 110 kV postrojenja TS 110/35 kV Nedeljanec“, 4. savjetovanje HRO CIGRE, 1999.
- [4] Telenerg d.o.o., „TS 110/35/20 kV Nedeljanec, Idejni projekt zamjene transformatora i revitalizacije SN postrojenja“, Zagreb, 12.2012.
- [5] Eling biro, d.o.o., „TS 110/35/20 kV Nedeljanec, Glavni projekt, Zamjena transformatora i revitalizacija SN postrojenja“, Zagreb, 02.2014.
- [6] Support.d.o.o., „TS 110/35/20 kV Nedeljanec, Projekt izvedenog stanja“, Split, 03.2017.