



ICES
VIŠJA STROKOVNA ŠOLA

Diplomsko delo višješolskega strokovnega študija
Program: Elektroenergetika
Modul: Elektroenergetska učinkovitost in električne
instalacije

**REKONSTRUKCIJA RTP 110/20 KV
VELENJE V GIS IZVEDBI Z RAZPLETOM
DALJNOVODOV**

Mentor: dr. Viktor Lovrenčič, univ. dipl. inž. el.
Somentor: Aleš Zagoričnik, mag. inž. ener.
Lektorica: Tjaša Verdev, prof. slov. jez. in knjiž

Kandidat: David Goričan

Zabukovica, julij 2023

ZAHVALA

Zahvaljujem se mentorju dr. Viktorju Lovrenčiču, univ. dipl. inž. el. in somentorju Alešu Zagoričniku, mag. inž. energ. za strokovne nasvete in ves čas, ki sta ga namenila za moje diplomsko delo.

Zahvala gre tudi sodelavcem in nadrejenim za čas, podporo ter nasvete.

Zahvaljujem se lektorici Tjaši Verdev, prof. slov. jez. in knjiž., ki je diplomsko delo pregledala.

Hvala tudi mojim domačim in dekletu za podporo ter spodbudne besede v času študija.

IZJAVA

Študent David Goričan izjavljam, da sem avtor tega diplomskega dela, ki sem ga napisal pod mentorstvom dr. Viktorja Lovrenčiča, univ. dipl. inž. el. in Aleša Zagoričnika, mag. inž. energ.

Skladno s 1. odstavkom 21. člena Zakona o avtorski in sorodnih pravicah dovoljujem objavo tega diplomskega dela na spletni strani šole.

Dne _____

Podpis: _____

POVZETEK

V diplomskem delu je opisana celovita rekonstrukcija razdelilne transformatorske postaje Velenje 110/20 kV. Objekt RTP Velenje je bil predhodno v lasti Elektra Celje. Z energetskega zakonom je sistemski operater prenosnega omrežja ELES prevzel del prenosnega omrežja na napetostnem nivoju 110 kV. Parcela, na kateri stoji nova zgradba z GIS stikališčem in komandnim delom, je v lasti ELES-a. Celotno rekonstrukcijo so podprli trije investitorji: SODO, ELCE in ELES. Sporazum o izgradnji, financiranju in delitvi vlaganj v novo 110 kV stikališče v RTP 110/20 kV Velenje določa, da si bosta stroške dobave ter montaže 110 kV GIS stikališča delila ELES in SODO. Interes podjetja ELES je zanesljivo in varno delovanje sistema, del tega pa se je pridobilo tudi z novim RTP Velenje.

V prvem delu diplomskega dela je predstavljeno stanje stare RTP z opisom in analizo visokonapetostnih naprav, ki so bile vgrajene. Sledi opis stikališč in naprav izoliranih s plinom SF₆ ter primerjava AIS in GIS stikališč s tehničnega ter ekonomskega vidika.

V drugem delu je predstavljen terminski plan del in opis umestitve novega zateznega stebra.

V zadnjem delu je analizirana izvedba priključitve nove RTP Velenje v elektroenergetski sistem in predstavljena izvedba potrebnih testiranj ter zagonskih preizkusov.

KLJUČNE BESEDE:

- rekonstrukcija
- daljnovod
- razdelilna transformatorska postaja
- elektroenergetske naprave
- elektroenergetski sistem

ABSTRACT

The thesis describes a complete reconstruction of the Velenje 110/20 kV substation. The Velenje substation facility was previously owned by Elektro Celje. Following the introduction of the Energy Act, the transmission network system operator ELES took over part of the 110 kV transmission network. The plot where the new building with a gas-insulated switchgear and the control panel is located is owned by ELES. The entire reconstruction was funded by three investors: SODO, ELCE and ELES. According to the agreement on the construction, funding and sharing of investments in the new 110 kV switchgear at the Velenje 110/20 kV substation, the cost of delivery and installation of the 110 kV gas-insulated switchgear will be shared by ELES and SODO. ELES's aim is a reliable and safe system operation and in part this has been achieved with the new Velenje substation.

The first part of the thesis outlines the condition of the old substation and includes a description and analysis of the installed high-voltage devices. This is followed by a description of the SF₆-insulated switchgears and devices and a comparison of air-insulated switchgears and gas-insulated switchgears from the technical and economic points of view.

The second part presents the work schedule and describes the installation of the new anchor pylon.

The final part analyses the executed connection of the new Velenje substation to the electric power system and presents the execution of the required testing and start-up tests.

KEYWORDS:

- reconstruction
- transmission line
- substation
- electric power device
- electric power system

KAZALO VSEBINE

1	UVOD.....	1
1.1	Predstavitev obstoječe RTP Velenje.....	1
1.2	Prikaz trenutne vzankanosti v EES.....	1
2	OPIS IN ANALIZA PROSTOZRAČNIH IZVEDB STIKALIŠČ (AIS).....	2
2.1	Možne variante postavitve AIS.....	3
2.2	VN naprave v stikališčih AIS.....	9
3	OPIS IN ANALIZA S PLINOM IZOLIRANE IZVEDBE STIKALIŠČ (GIS)...	13
3.1	Predstavitev GIS tehnologije stikališč.....	13
3.2	Posamezni elementi GIS postroja.....	13
4	ANALIZA PREDNOSTI IN SLABOSTI AIS GLEDE NA GIS.....	18
4.1	Tehnična primerjava AIS in GIS.....	18
4.2	Ekonomska primerjava AIS in GIS.....	20
4.3	Analiza ostalih dejavnikov AIS in GIS.....	20
4.4	Prednosti in slabosti AIS in GIS.....	21
5	PRIPRAVA TERMINSKEGA PLANA POTEKA PROJEKTA REKONSTRUKCIJE.....	22
5.1	Priprava osnovnega plana del.....	22
5.2	Priprava elektromontažnih del ki bodo potrebna za izvedbo projekta.....	25
5.2.1.	Izgradnja novega končnega DV stebra SM 15A.....	25
5.3	Priprava posameznih faz izvedbe del pri priključitvi v EES.....	27
6	ANALIZA IZVEDBE PRIKLJUČITVE NOVE RTP VELENJE V EES.....	32
6.1	Priprava plana preklpov.....	32
6.2	Analiza posameznih faz.....	33
7	IZVEDBA POTREBNIH TESTIRANJ IN ZAGONSKIH PREIZKUSOV.....	34
7.1	Testi naprav vodenja in zaščite.....	34
7.2	Izvedba zagonskih preizkusov in testov.....	36
8	ZAKLJUČEK.....	37
9	LITERATURA IN VIRI.....	38

KAZALO SLIK

Slika 1: Prikaz trenutne vzankanosti v EES	1
Slika 2: 400 kV stikališče Podlog	2
Slika 3: 220 kV stikališče Podlog	2
Slika 4: 110 kV stikališče Podlog	3
Slika 5: Enojna zbiralka brez vzdolžne ločitve	3
Slika 6: Enojne zbiralke z vzdolžnim ločilnikom	4
Slika 7: Enojne zbiralke z vzdolžnim poljem	5
Slika 8: 2G zbiralke	6
Slika 9: 2G + P sistem	7
Slika 10: 3G sistem	8
Slika 11: Odklopnik.....	9
Slika 12: Daljnovidni ločilnik	10
Slika 13: Tokovni in napetostni transformatorji v DV polju	11
Slika 14: Prenapetostni odvodniki.....	12
Slika 15: Stikalni sistem odklopnika.....	14
Slika 16: Zbiralka – vzdolžna povezava, izvedba z dilatacijskimi spoji in modulom vzdolžnega podaljšanja	15
Slika 17: Zunanji izgled tokovnega transformatorja	16
Slika 18: Napetostni transformator brez integriranega izolacijskega ločilnika	17
Slika 19: 110 kV stikališče v GIS izvedbi	18
Slika 20: 110 Kv prostoizračno stikališče.....	19
Slika 21: Elektromontažna dela na SM 15A.....	25
Slika 22: Postavitev 3. segmenta SM 15A s pomočjo dvigala.....	26
Slika 23: Krmilno komandni panel	34
Slika 24: Računalnik polja 6MD85.....	35

KAZALO TABEL

Tabela 1: Prednosti in slabosti AIS ter GIS izvedb stikališč	21
Tabela 2: DV polje kV Slovenj Gradec 2.....	22
Tabela 3: Transformatorsko polje 110 kV TR 1	22
Tabela 4: DV polje 110 kV Šoštanj 2.....	23
Tabela 5: Transformatorsko polje 110 kV TR 2	23
Tabela 6: Transformatorsko polje 110 kV TR 3	23
Tabela 7: DV polje 110 kV Šoštanj 1	24
Tabela 8: DV polje kV Slovenj Gradec 1.....	24
Tabela 9: Izvedena dela na DV polju 110 kV Slovenj Gradec 2.....	27
Tabela 10: Izvedena dela na TR polju TR 1	28
Tabela 11: Izvedena dela na DV Polju 110 kV Šoštanj 2.....	28
Tabela 12: Izvedena dela na DV polju 110 kV Šoštanj 1	29
Tabela 13: Izvedena dela na TR polju TR 2	30
Tabela 14: Izvedena dela na TR polju TR 3	30
Tabela 15: Izvedena dela v DV polju 110 kV Slovenj Gradec 1	31
Tabela 16: Izvedba del za povezave daljnovidov v TEŠ.....	31

POJMOVNIK

GIS: gass insulated switchgear: plinsko izolirana stikalna naprava
AIS: air insulated switchyard: zračno izolirano stikališče

KRATICE IN AKRONIMI

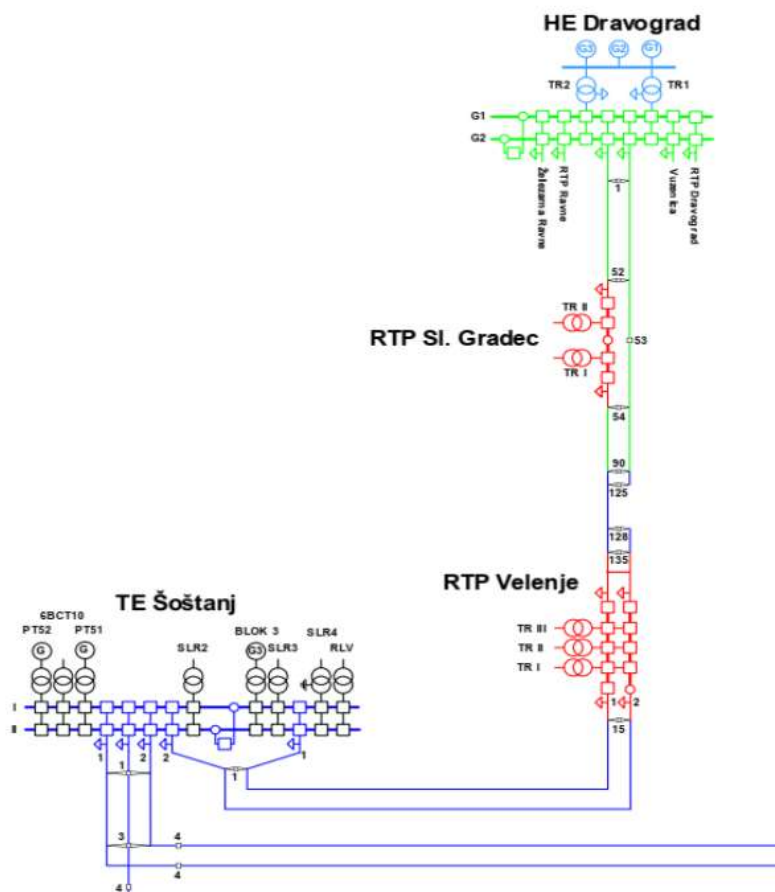
ELES: Elektro Slovenija
RTP: razdelilna transformatorska postaja
DV: daljnovod
kV: kilovolt
EEN: elektroenergetska naprava
EES: elektroenergetski sistem
SM: stojno mesto
VN: visoka napetost
TEŠ: Termoelektrarna Šoštanj
SODO: sistemski operater distribucijskega podjetja
ELCE: Elektro Celje
TR: transformator
ZZB: zaščita zbiralk
KS: kratek stik
ZVP: zvezno polje
OCV: območni center vodenja
RCV: republiški center vodenja
APV: avtomatski ponovni vklop
LR: lastna raba

1 UVOD

1.1 PREDSTAVITEV OBSTOJEČE RTP VELENJE

Prostozračno stikališče RTP Velenje je bilo zgrajeno konec devetdesetih let prejšnjega stoletja. Naprave v njem so bile stare in dotrajane, večina njih ne dosega sodobnih standardov, njihovo vzdrževanje pa je drago. RTP Velenje je stalo na področju, ki je bilo nestabilno zaradi posledic rudarjenja v Šaleški dolini.

1.2 PRIKAZ TRENUTNE VZANKANOSTI V EES



Slika 1: Prikaz trenutne vzankanosti v EES

(Vir: ELES, 2005)

2 OPIS IN ANALIZA PROSTOZRAČNIH IZVEDB STIKALIŠČ (AIS)

V Sloveniji imamo tri napetostne nivoje VN stikališč, to so 400, 220 in 110 kV.



*Slika 2: 400 kV stikališče Podlog
(Vir: ELES, 2020)*



*Slika 3: 220 kV stikališče Podlog
(Vir: ELES, 2020)*

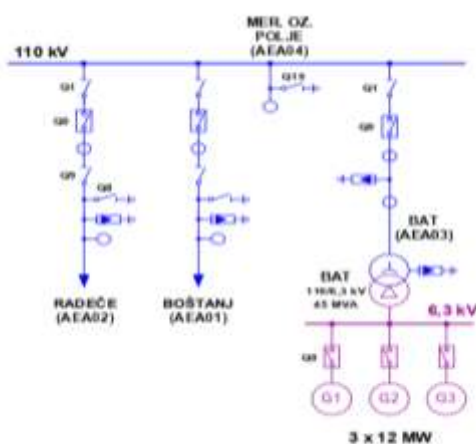


Slika 4: 110 kV stikališče Podlog
(Vir: ELES, 2020)

2.1 MOŽNE VARIANTE POSTAVITEV AIS

Enojne zbiralke brez vzdolžne ločitve

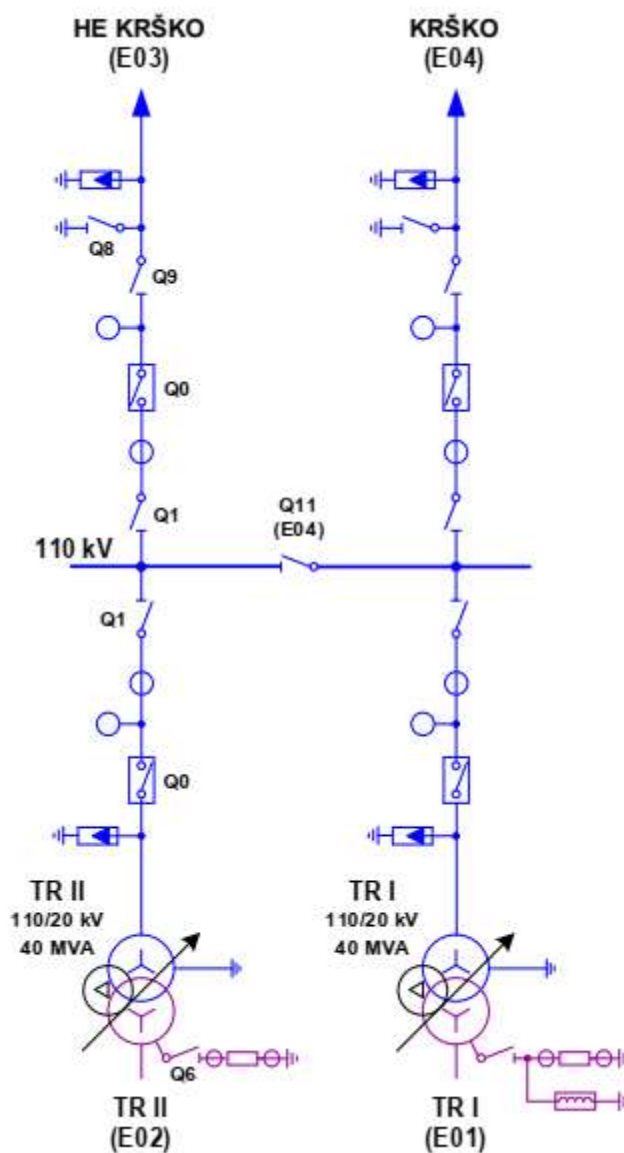
Takšno izvedbo stikališča se uporablja v starejših izvedbah oziroma v nezahtevnih točkah EES. To je dejansko osnovna, vozliščna izvedba, kjer niso možne ločitve na dva dela oziroma obratovanje tako imenovanega zdravega dela stikališča. Če pride do napake na sistemu zbiralnic, je izklopljeno celo stikališče.



Slika 5: Enojna zbiralka brez vzdolžne ločitve
(Vir: ELES, 2007)

Enojne zbiralke z vzdolžnim ločilnikom

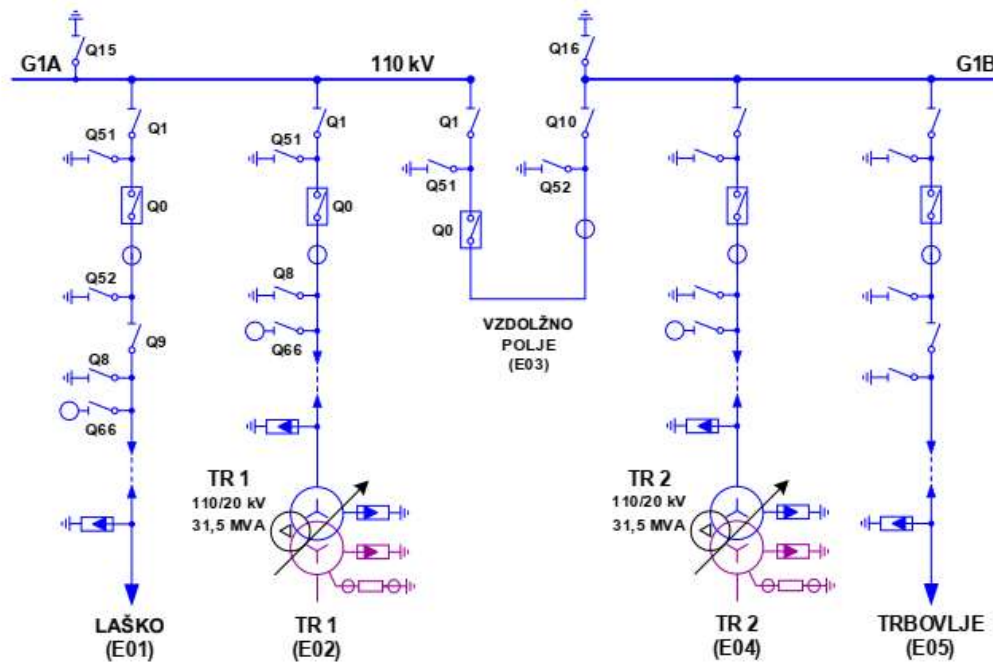
Takšna izvedba stikališča je pogosto uporabljena v distribuciji. V primeru vzdrževalnih del na delu stikališča omogoča ločitev na dva dela. Slaba stran je, da mora biti del, ki ga ločujemo, izklopljen oziroma razbremenjen.



Slika 6: Enojne zbiralke z vzdolžnim ločilnikom
(Vir: ELES, 2007)

Enojne zbiralke z vzdolžnim poljem

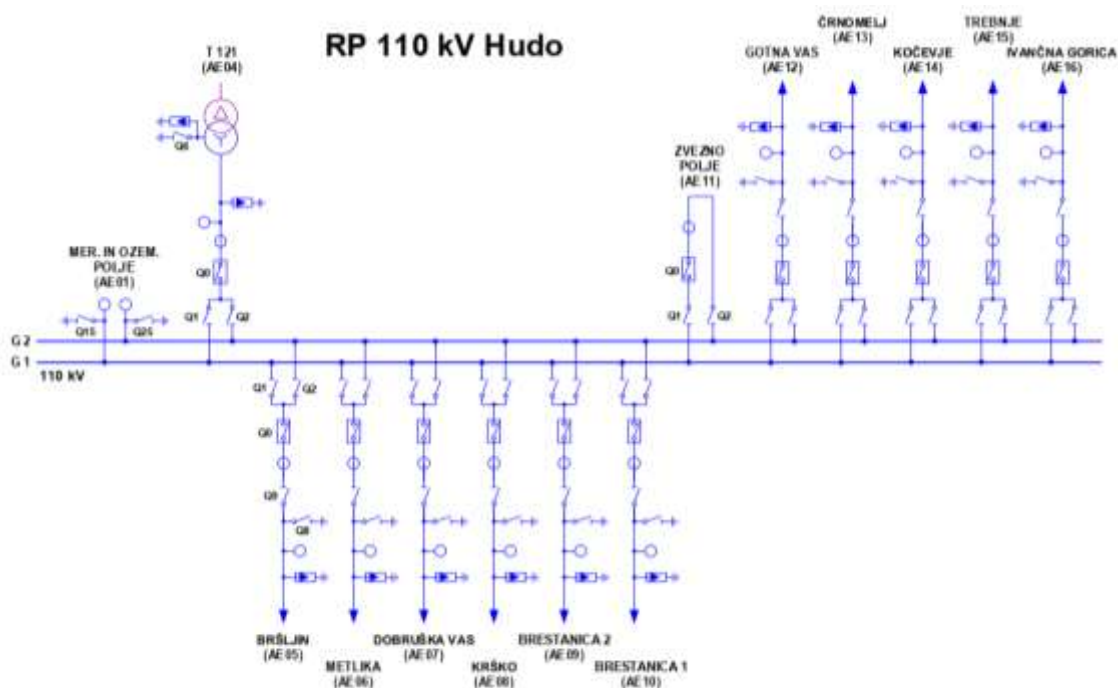
Takšna izvedba stikališča se v zadnjem času pogosto uporablja v distribuciji, omogoča ločitev dela stikališča pod obremenitvijo (zaradi vgrajenega odklopnika v ZVP).



Slika 7: Enojne zbiralke z vzdolžnim poljem
(Vir: ELES, 2007)

2G zbiralke

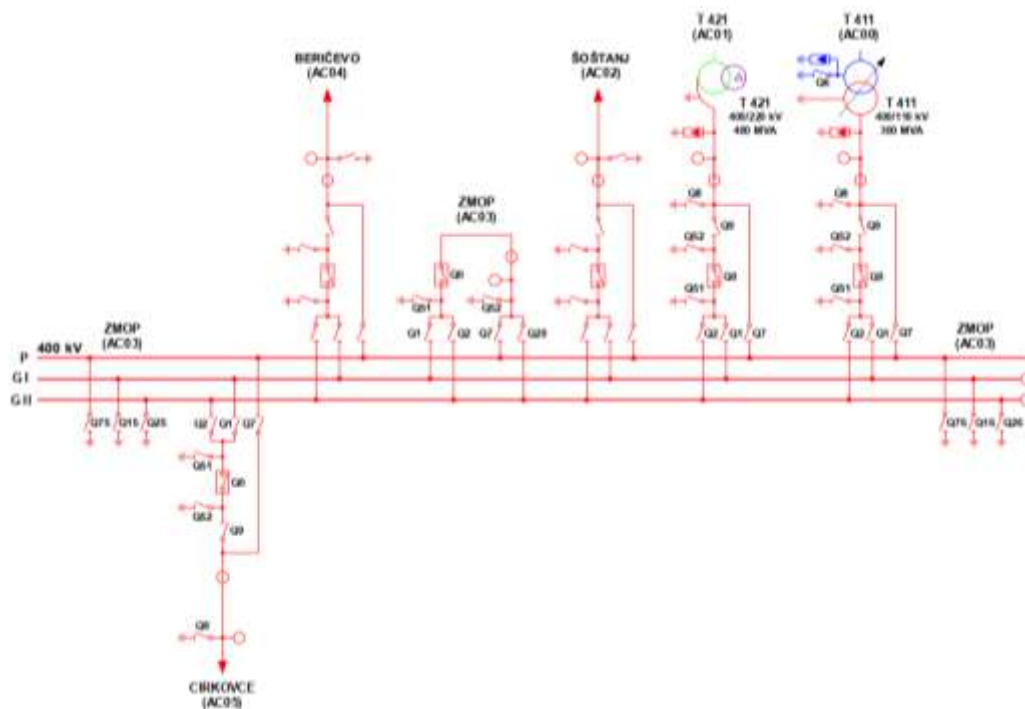
Takšen sistem postavitve se pojavlja v velikem številu ELES-ovih VN stikališč. Omogočeno je elastično obratovanje, kjer lahko okvarjeni odklopnik določenega VN polja zamenja odklopnik v ZVP. V zadnjem času je z vgradnjo ZZB v stikališča v uporabi obratovanje na dveh sistemih zbiralk preko ZVP. V primeru okvare tako v obratovanju ostane del stikališča, ki ni v okvari.



Slika 8: 2G zbiralke
(Vir: ELES, 2007)

2G + P sistem

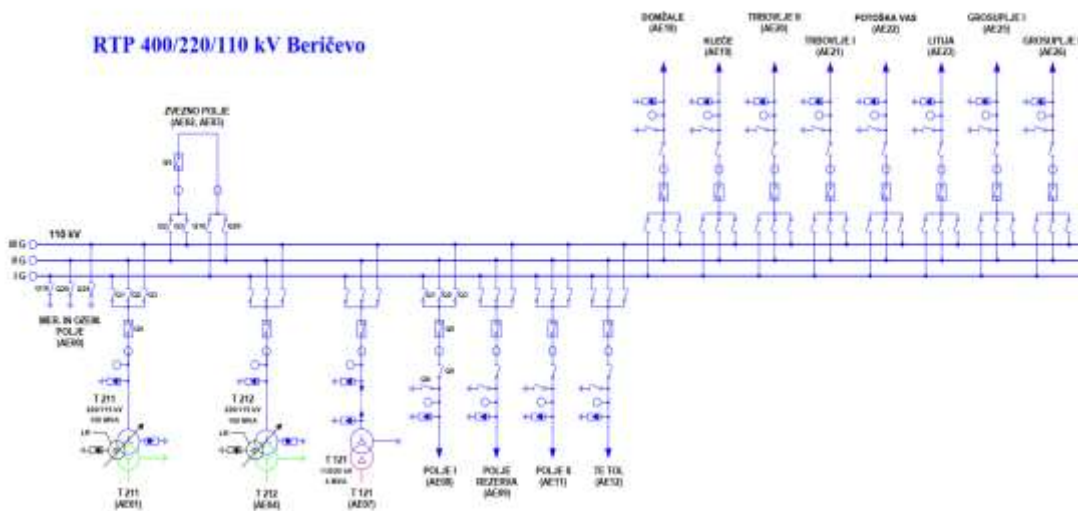
Ta izvedba je v uporabi v novejših 400 kV stikališčih. Poleg vseh izvedb v 2G stikališču omogoča še dodatne izvedbe obratovalnih stanj (poveča se elastičnost obratovanja). ZVP lahko nadomesti celotno odvodno polje, možno pa je tudi obratovanje dveh DV preko P sistema zbiralnic kot fizično vozlišče.



Slika 9: 2G + P sistem
(Vir: ELES, 2007)

3G sistem

Takšna izvedba se uporablja v pomembnejših napajalnih vozliščih, ki so bolj obremenjena. Medtem ko izvajamo vzdrževalna dela na določenem DV polju, lahko vseeno obratujemo na dveh sistemih zbiralk in s tem v primeru okvare močno povečamo zanesljivost obratovanja.



Slika 10: 3G sistem
(Vir: ELES, 2007)

2.2 VN NAPRAVE V STIKALIŠČIH AIS

Odklopnik je naprava, ki v visokonapetostnem stikališču služi za vklop, prevajanje in izklop električnega toka v normalnih razmerah ali po potrebi ob kratkih stikih. Sestavljen je iz pogonskega in odklopnega dela.

Oblok v komori odklopnika lahko gasijo različni mediji. Poznamo tri tipe: malo oljni, plinski in pnevmatski. Pogonski del je najpogosteje elektromehanski, lahko pa je tudi hidravlični ali plinski. (Cilenšek, 2021)



*Slika 11: Odklopnik
(Lastni vir)*

Ločilnik je naprava, ki je v visokonapetostnem stikališču namenjena vidni ločitvi napajanja. Lahko trajno prevaja nazivni tok in krajši čas tudi kratkostičnega, ni pa namenjen vklopu ali izklopu pod obremenitvijo.

Dva podporna izolatorja sta montirana na jeklenem podstavku. Izolatorja se gibata rotacijsko, povezana z vzvodom. (Cilenšek, 2021)



*Slika 12: Daljnovidni ločilnik
(Lastni vir)*

Merilni transformator v visokonapetostnem stikališču služi nadzoru za delovanje sistema in opravlja meritev. Preko njih dobimo podatke meritev napetosti, tokov, obračunske meritve za števec in napajanje zaščit za daljnovidna ter transformatorska polja. (Cilenšek, 2021)

Med merilne transformatorje prištevamo **napetostni instrumentni transformator** in **tokovni instrumentni transformator**. Napetostni merilni transformator deluje isto kot energetske, le za majhne moči, tokovni instrumentni transformator pa je sestavljen iz železnega jedra ter primarnega in sekundarnega navitja. (Cilenšek, 2021)



*Slika 13: Tokovni in napetostni transformatorji v DV polju
(Lastni vir)*

Prenapetostni odvodnik je element, ki v primeru prenapetosti s strani daljnovoda ščiti ostale naprave v daljnovodnem polju. Amplituda udarnega vala prenapetosti se zaradi prenapetostnega odvodnika zmanjša pod zaščitni nivo naprav montiranih v daljnovodnem polju. Na sliki so prikazani cink-oksadni prenapetostni odvodniki iz polimera.

Le-ti so elementi, ki ščitijo ostale naprave v daljnovodnem polju v primeru zunanjih prenapetosti, ki bi se pojavile s strani daljnovoda. Pri tem prenapetostni odvodnik zmanjša amplitudo udarnega vala prenapetosti pod zaščitni nivo naprav, ki so montirane v daljnovodnem polju. V tem primeru so montirano cink-oksadni prenapetostni odvodniki iz polimera. (Verhovšek, 2010).



*Slika 14: Prenapetostni odvodniki
(Lastni vir)*

3 OPIS IN ANALIZA S PLINOM IZOLIRANE IZVEDBE STIKALIŠČ (GIS)

3.1 PREDSTAVITEV GIS TEHNOLOGIJE STIKALIŠČ

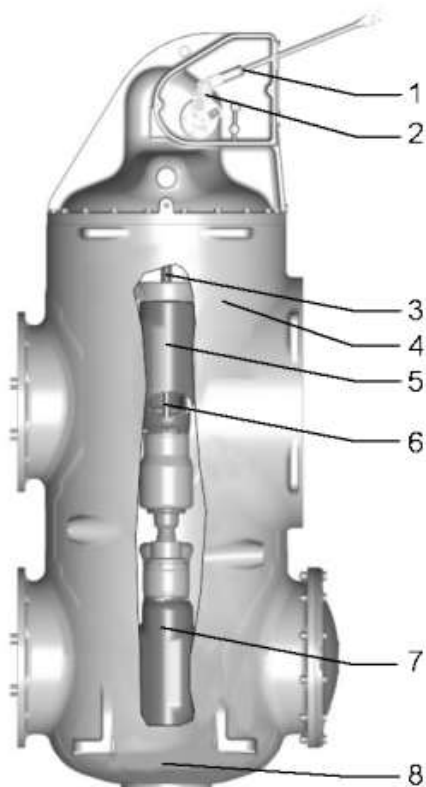
Stikalne naprave tipa 8DN8 so naprave s kovinskim odklopom in plinsko izolacijo za obratovalne napetosti do 145 kV. Sestavljene so iz posameznih kompaktno izvedenih polj za prostostoječo namestitve v notranjih prostorih ali zunaj. Modularnost sistema omogoča izvedbo vseh običajno potrebnih stikalnih konfiguracij. Stikalne naprave tipa 8DN8 so primerne za nove sisteme kot tudi za razširitve obstoječih stikalnih postrojev v notranjih prostorih ali zunaj.

Kompaktna zgradba naprav iz tripolnih sestavnih elementov in z izjemno majhnimi izmerami modulov potrebuje zelo malo prostora. Pri dobavi je polje običajno sestavljeno tripolno in tovarniško preizkušeno. To zmanjšuje stroške montaže na objektu na minimum. Okrov s pokrovom skupaj z dilatacijskimi spoji tvori tlačno vzdržni vklop stikalne naprave. Po tlačnih preizkusih so ohišja zunaj in znotraj peskana ter lakirana. Vsako ohišje je predmet tlačnih in plinotesnih preizkusov s plinom helijem. Povezave tokovnih poti so izvedene s spojnimi kontakti; mesta povezav so, v kolikor je potrebno, dostopna skozi montažne odprtine v ohišjih sestavnega elementa. (Dolšak, 2022)

3.2 POSAMEZNI ELEMENTI GIS POSTROJA

GIS postroj je skupek več različnih komponent oziroma delov. Vsak del je samostojna enota, skupaj pa tvorijo celoto – visokonapetostno stikališče. (ELES, d. o. o., 2022)

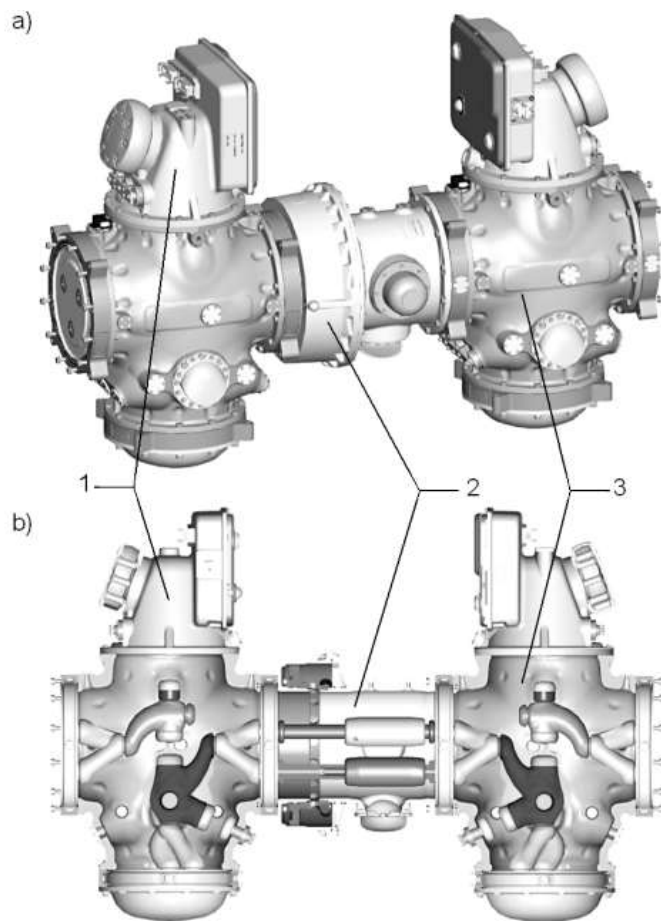
Odklopnik tvori osnovo nekega stikalnega polja. Preklopni sistem odklopnika se sproži z vzmetnim pogonom, v katerem se energija potrebna za preklop akumulira v napeti vzmeti. Za gašenje električnega oblaka potreben pretok plina se v stikalnem sistemu ustvari s samokompresijo. (ELES, d. o. o., 2022)



Slika 15: Stikalni sistem odklopnika
(Vir: SIEMENS, 2020)

1. Pogonsko gonilo
2. Vzvod
3. Pogonska palica
4. Izolatorski podstavek
5. Podnožje
6. Gibljivi kontakti
7. Nosilec kontakta
8. Trojni opornik

Zbiralnični modul: tripolno oklopljene zbiralke – možna je razdelitev na več plinskih predelkov s plinotesnimi skozniki. Raztezni spoji povezujejo elemente zbiralk sosednjih polj. Pri tem uravnavajo krčenje in raztezanje pravokotnih ter vzdolžnih delov zbiralk zaradi temperaturnih sprememb. Zbiralnični vodniki so medsebojno povezani s spojnimi kontakti, ti uravnavajo spremembe dolžine vodnikov zaradi temperaturnih sprememb. (ELES, d. o. o., 2022)

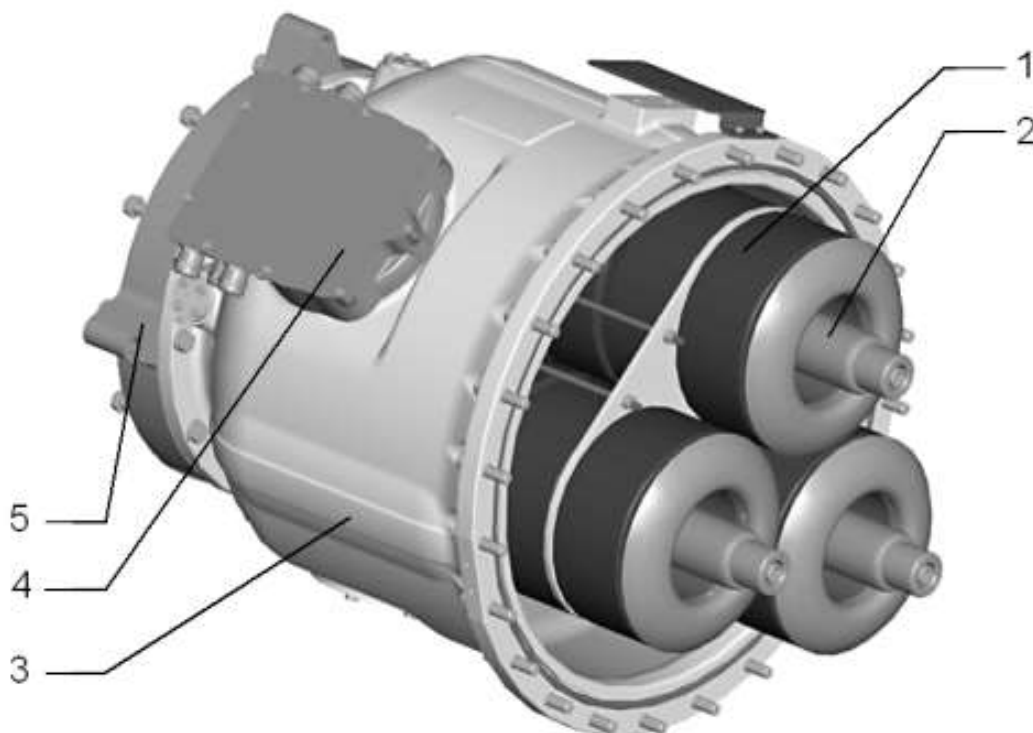


*Slika 16: Zbiralka – vzdolžna povezava, izvedba z dilatacijskimi spoji in modulom vzdolžnega podaljšanja
(Vir: SIEMENS, 2020)*

- a) Pogled od zunaj
- b) Pogled – prerez

- 1. Ozemljilno stikalo
- 2. Dilatacijski modul (kompensator)
- 3. Ločilnik in ozemljilnik

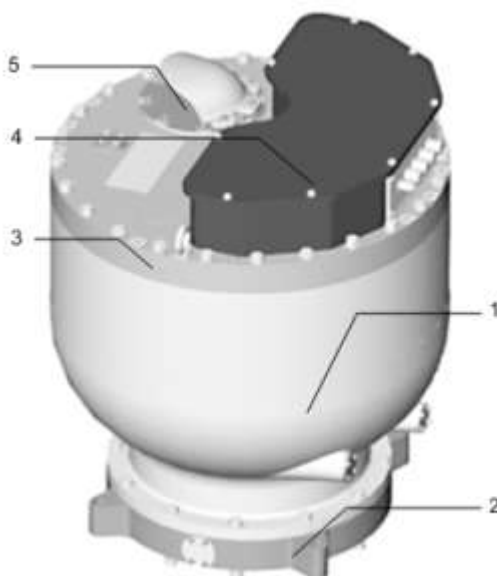
Tokovni instrumentni transformatorji so induktivnega tipa. Sekundarni navoji se nahajajo na toroidnem jedru. Za prilagajanje na različne primarne tokove imajo sekundarna navitja več odcepov. Vsi sekundarni izvodi so speljani v priključno omarico in na sponkah pripravljeni za uporabo. Jedra so lahko različna za potrebe instrumentacije, meritev in števecv ali zaščite. (ELES, d. o. o., 2022)



*Slika 17: Zunanji izgled tokovnega transformatorja
(Vir: SIEMENS, 2020)*

1. Aktivni del – jedro in navitje
2. El. vodnik
3. Ohišje
4. Sekundarni priključek
5. Skoznjik

Napetostni instrumentni transformator je induktivnega tipa. Sestoji iz železnega jedra, primarnega navitja s pripadajočo visokonapetostno elektrodo in visokonapetostnim priključkom. Preklop na različna prestavna razmerja napetostnega transformatorja se izvaja v priključni omarici. Napetostni transformator je tripolen, ima lastno ohišje, ki je zaprto z zatesnjenim skozišnjikom. Električno ločitev tistih delov stikalne naprave, ki so na visoki napetosti, je mogoče doseči v izklopljenem stanju z odstranitvijo priključnih vodnikov in vstavitvijo pregradnih (zaščitnih) delov. Ločitev je možna tudi ročno ali z motorskim pogonom, z uporabo notranje ločitve. (ELES, d. o. o., 2022)



*Slika 18: Napetostni transformator brez integriranega izolacijskega ločilnika
(Vir: SIEMENS, 2020)*

1. Ohišje
2. Skozišnjik
3. Pokrov
4. Omarica sekundarnih priključkov
5. Razpočni disk

4 ANALIZA PREDNOSTI IN SLABOSTI AIS GLEDE NA GIS

4.1 TEHNIČNA PRIMERJAVA AIS IN GIS

Glavne prednosti GIS stikališča pred prostozračnim so:

- potrebujejo manj prostora;
- neobčutljiva so na vremenske vplive in vplive okolja;
- večja zanesljivost obratovanja;
- nezahtevno vzdrževanje, oziroma v prvem obdobju brez vzdrževanja;
- majhna verjetnost napak in okvar, če se že pojavijo, največkrat nimajo vpliva na obratovanje;
- visoka stopnja varnosti za nadzorno in vzdrževalno osebje (plin SF6 je netoksičen in negorljiv);
- GIS stikališča so okolju prijazna izvedba, vgrajena so v stavbi in skrita očem javnosti;
- ni vplivov na okolje, kot so sevanje, korona in hrup.



*Slika 19: 110 kV stikališče v GIS izvedbi
(Lastni vir, 2022)*

Prednosti prostozračnih stikališč pred GIS stikališči so naslednje:

- ni potrebno izvesti velikih gradbenih posegov, kot je gradnja stavbe;
- za povezavo ni potrebno izvesti kablskih vodov, ampak se direktno vpnejo DV-ji;
- stanje naprav je lažje spremljati in preverjati;
- v primeru okvar se lažje izločijo in odpravijo;
- zagotovitev rezervnih delov in odprava okvar je hitrejša ter lažja, največkrat z lastnimi kadri;
- širitev stikališč ob vnaprej predvideni rezervi polj je lažje izvedljiva;
- omogoča izvedbo prevezav v primerih večjih havarij, nadomestimo lahko posamezno polje, ki je trenutno pomembnejše za EES.



*Slika 20: 110 Kv prostozračno stikališče
(Lastni vir, 2023)*

4.2 EKONOMSKA PRIMERJAVA AIS IN GIS

Od samega začetka uporabe in razvoja GIS stikališč v prenosnih elektroenergetskih postrojih je ključno vodilo primerjalna analiza med slabostmi ter prednostmi, ki so z GIS tehnologijo povezane. Glavni dejavniki za odločitev pri nakupu so življenjska doba elementa, potreba po vzdrževanju, kompatibilnost z ostalimi sistemi, najpomembnejša pa je zanesljivost obratovanja VN naprav. Začetki AIS stikališč segajo v obdobje začetkov gradenj večjih RTP. V preteklosti so GIS postroji bili razmeroma redki, po letu 2000 pa se je njihovo število začelo povečevati. GIS postroje so začeli vgrajevati v novo grajene objekte in ob rekonstrukcijah celotnih objektov. Na več lokacijah se je za tovrstno stikališče odločilo tudi na podlagi prostorskih omejitev. (Slapnik, 2022)

4.3 ANALIZA OSTALIH DEJAVNIKOV AIS IN GIS

Deli investicije, ki izrazito vplivajo na gradnjo GIS so:

- priprava gradnje in pridobitev gradbenega dovoljenja, ki je enostavna ter cenejša;
- če se rekonstruira objekt, ki že obstaja, je izvedba na kratek rok cenejša, medtem ko se investicija v GIS stikališče na dolgi rok povrne in je zato tudi ugodnejša;
- GIS stikališče je ugodnejše, saj so postale cene opreme primerljive;
- gradnja GIS stikališča je ugodnejša in je zanjo potrebno manj dodatnih del kot za izgradnjo prostozračnega stikališča;
- gledano dolgoročno je samo vzdrževanje GIS stikališča oziroma posameznega polja veliko ugodnejša možnost;
- cene rezervnih delov so približno iste, verjetnost, da jih bo treba uporabiti pri GIS izvedbi, pa je veliko manjša;
- zaradi majhnih verjetnosti okvar na GIS izvedbi tudi manj pogosto pride do izpadov iz EES, s tem pa se izognemo velikim stroškom;
- na ekonomski kazalnik ugodno vpliva dejstvo, da se s povečanjem števila GIS stikališč v omrežju poveča sama zanesljivost EES.

4.4 PREDNOSTI IN SLABOSTI AIS IN GIS

GIS IZVEDBA	AIS IZVEDBA
<p>Prednosti:</p> <ul style="list-style-type: none"> - stikališče v GIS izvedbi v primerjavi z AIS izvedbo zavzame bistveno manj prostora; - vse naprave stikališča so v zgradbi tako, da niso izpostavljene zunanjim vplivom; - periodika vzdrževanja je daljša; - vzdrževanje je minimalno; - GIS izvedba velja za zelo zanesljivo; - daljša življenjska doba. <p>Slabosti:</p> <ul style="list-style-type: none"> - GIS izvedba ni tako pregledna; - težja odprava napak s tujimi kadri. 	<p>Prednosti:</p> <ul style="list-style-type: none"> - hitra odprava napak z lastnimi vzdrževalci; - boljša preglednost stikališča. <p>Slabosti:</p> <ul style="list-style-type: none"> - velika verjetnost poškodb opreme zaradi vremenskih vplivov; - AIS zavzame veliko prostora; - potrebno je veliko vzdrževanja, s tem pa je vzdrževanje dražje.

*Tabela 1: Prednosti in slabosti AIS ter GIS izvedb stikališč
(Lastni vir,)*

5 PRIPRAVA TERMINSKEGA PLANA POTEKA PROJEKTA REKONSTRUKCIJE

Planirana dela	Št. dni	Dan pričetka	Dan zaključka
Demontaža opreme in konstrukcije	2	tor., 1. 3. 2022	sre., 2. 3. 2022
Montaža KDZ in izvedba potrebnih prevezav	4	čet., 3. 3. 2022	tor., 8. 3. 2022
Rušitev starih temeljev in vgradnja novih temeljev	7	čet., 3. 3. 2022	pet., 11. 3. 2022
Montaža jeklenih konstrukcij	1	pon., 14. 3. 2022	pon., 14. 3. 2022
Izdelava kablinskih končnikov	7	tor., 15. 3. 2022	sre., 23. 3. 2022
Izvedba VN preizkusov	1	čet., 24. 3. 2022	čet., 24. 3. 2022
Izvedba kablinskih povezav	1	pet., 25. 3. 2022	pet., 25. 3. 2022

Tabela 2: DV polje kV Slovenj Gradec 2
(Lastni vir)

5.1 PRIPRAVA OSNOVNEGA PLANA DEL

Planirana dela	Št. dni	Dan pričetka	Dan zaključka
Demontaža opreme in konstrukcije	2	pon., 14. 3. 2022	tor., 15. 3. 2022
Izvedba prevezav na obstoječih omarah zaščite	10	sre., 16. 3. 2022	tor., 29. 3. 2022
Rušitev starih temeljev in vgradnja novih temeljev	7	sre., 16. 3. 2022	čet., 24. 3. 2022
Montaža jeklenih konstrukcij	1	pet., 25. 3. 2022	pet., 25. 3. 2022
Izdelava kablinskih končnikov	7	pon., 28. 3. 2022	tor., 5. 4. 2022
Izvedba VN preizkusov	1	sre., 6. 4. 2022	sre., 6. 4. 2022
Izvedba kablinskih povezav	1	čet., 7. 4. 2022	čet., 7. 4. 2022
Izvedba preizkusov EC	1	pet., 8. 4. 2022	pet., 8. 4. 2022

Tabela 3: Transformatorsko polje 110 kV TR 1
(Lastni vir)

Planirana dela	Št. dni	Dan pričetka	Dan zaključka
----------------	---------	--------------	---------------

Demontaža VN povezav in montaža zaščitnega odra	3	sre., 6. 4. 2022	pet., 8. 4. 2022
Vgradnja KDZ naprave	4	pon., 11. 4. 2022	čet., 14. 4. 2022
Izdelava kablskih končnikov	7	pon., 11.4.2022	tor., 19. 4. 2022
Demontaža zaščitnega odra	1	sre., 20. 4. 2022	sre., 20. 4. 2022
Izvedba VN preizkusa	1	čet., 21. 4. 2022	čet., 21. 4. 2022
Montaža odvodnikov prenapetosti in VN lokov	1	pet., 22. 4. 2022	pet., 22. 4. 2022
ISTP	1	tor., 17. 5. 2022	tor., 17. 5. 2022

Tabela 4: DV polje 110 kV Šoštanj 2
(Lastni vir)

Planirana dela	Št. dni	Dan pričetka	Dan zaključka
Demontaža opreme in konstrukcije	2	sre., 18. 5. 2022	čet., 19. 5. 2022
Izvedba prevezav na obstoječih omarah zaščite	10	pet., 20. 5. 2022	čet., 2. 6. 2022
Rušitev starih temeljev in vgradnja novih temeljev	7	pet., 20. 5. 2022	pon., 30. 5. 2022
Montaža jeklenih konstrukcij	1	tor., 31. 5. 2022	tor., 31. 5. 2022
Izdelava kablskih končnikov	7	sre., 1. 6. 2022	čet., 9. 6. 2022
Izvedba VN preizkusov	1	pet., 10. 6. 2022	pet., 10. 6. 2022
Izvedba kablskih povezav	1	pon., 13. 6. 2022	pon., 13. 6. 2022
Izvedba preizkusov EC	1	tor., 14. 6. 2022	tor., 14. 6. 2022
ISTP	1	sre., 15. 6. 2022	sre., 15. 6. 2022

Tabela 5: Transformatorsko polje 110 kV TR 2
(Lastni vir)

Planirana dela	Št. dni	Dan pričetka	Dan zaključka
Demontaža opreme in konstrukcije	2	čet., 16. 6. 2022	pet., 17. 6. 2022
Izvedba prevezav na obstoječih omarah zaščite	10	pon., 20. 6. 2022	pet., 1. 7. 2022
Rušitev starih temeljev in vgradnja novih temeljev	7	pon., 20. 6. 2022	tor., 28. 6. 2022
Montaža jeklenih konstrukcij	1	sre., 29. 6. 2022	sre., 29. 6. 2022
Izdelava kablskih končnikov	7	čet., 30. 6. 2022	pet., 8. 7. 2022
Izvedba VN preizkusov	1	pon., 11. 7. 2022	pon., 11. 7. 2022
Izvedba kablskih povezav	1	tor., 12. 7. 2022	tor., 12. 7. 2022
Izvedba preizkusov EC	1	sre., 13. 7. 2022	sre., 13. 7. 2022
ISTP	1	čet., 14. 7. 2022	čet., 14. 7. 2022

Tabela 6: Transformatorsko polje 110 kV TR 3
(Lastni vir)

Planirana dela	Št. dni	Dan pričetka	Dan zaključka
-----------------------	----------------	---------------------	----------------------

Demontaža VN povezav in montaža zaščitnega odra	3	pon., 18. 7. 2022	sre., 20. 7. 2022
Vgradnja KDZ naprave	4	sre., 20. 7. 2022	pon., 25. 7. 2022
Izdelava kabelskih končnikov	7	sre., 20. 7. 2022	čet., 28. 7. 2022
Demontaža zaščitnega odra	1	pet., 29. 7. 2022	pet., 29. 7. 2022
Izvedba VN preizkusa	1	pon., 1. 8. 2022	pon., 1. 8. 2022
Montaža odvodnikov prenapetosti in VN lokov	1	tor., 2. 8. 2022	tor., 2. 8. 2022
Rezervni dan	1	sre., 3. 8. 2022	sre., 3. 8. 2022
ISTP	1	čet., 4. 8. 2022	čet., 4. 8. 2022

*Tabela 7: DV polje 110 kV Šoštanj 1
(Lastni vir)*

Planirana dela	Št. dni	Dan pričetka	Dan zaključka
Demontaža opreme in konstrukcije	2	sre., 20. 7. 2022	čet., 21. 7. 2022
Montaža KDZ in izvedba potrebnih prevezav	4	pet., 22. 7. 2022	sre., 27. 7. 2022
Rušitev starih temeljev in vgradnja novih temeljev	7	pet., 22. 7. 2022	pon., 1. 8. 2022
Montaža jeklenih konstrukcij	1	tor., 2. 8. 2022	tor., 2. 8. 2022
Izdelava kabelskih končnikov	7	sre., 3. 8. 2022	čet., 11. 8. 2022
Izvedba VN preizkusov	1	pet., 12. 8. 2022	pet., 12. 8. 2022
Izvedba kabelskih povezav	1	pon., 15. 8. 2022	pon., 15. 8. 2022
ISTP	1	tor., 16. 8. 2022	tor., 16. 8. 2022

*Tabela 8: DV polje kV Slovenj Gradec 1
(Lastni vir)*

5.2 PRIPRAVA ELEKTROMONTAŽNIH DEL KI BODO POTREBNA ZA IZVEDBO PROJEKTA

5.2.1. Izgradnja novega končnega DV stebra SM 15A

Za nemoteno delovanje sistema je bilo treba umestiti DV steber SM 15A, ki stoji med obstoječim stebrom SM14 in že porušenim stebrom SM15. Vsa elektromontažna dela na SM14, SM15A in SM15 je izvedel ELES z lastnimi kadri.



*Slika 21: Elektromontažna dela na SM 15A
(Lastni vir)*

Pri namestitvi zgornjega dela novega zateznega DV stebra SM15A je bilo potrebno začasno izklopiti DV 2 x 110 kV Šoštanj–Velenje I, II, fazne vodnike razmakniti levo/desno ter začasno demontirati strelovodno vrv OPGW. Komunikacijsko povezavo med SM 15A in RTV Velenje je za nas zagotovilo telekomunikacijsko podjetje, naša naloga pa je bila zagotoviti nemoteno energetske povezavo med RTP 110 kV Šoštanj, TEŠ in RTP 110 kV Velenje po DV 2 x 110 kV Šoštanj–Velenje I, II z vključenim novim DV stebrom SM 15A. (Kodrun, 2022)



Slika 22: Postavitev 3. segmenta SM 15A s pomočjo dvigala
(Lastni vir)

5.3 PRIPRAVA POSAMEZNIH FAZ IZVEDBE DEL PRI PRIKLJUČITVI V EES

1. FAZA

Pričetek del na DV polju 110 kV Slovenj Gradec 2

Pred začetkom del je potrebno zagotoviti 4 ure izklopa DV 110 kV Slovenj Gradec–Velenje 1 zaradi odstranitve tokovnih povezav v DV polju 110 kV Slovenj Gradec 2. Iz vodnikov na portalu se odstranijo tokovne povezave proti polju in s tem je polje s strani DV brez napetosti. V prvi fazi so bile odstranjene samo VN povezave do odklopnika Q0 toliko, da so se lahko varno izvedle demontaže VN aparatov in gradbena dela, kjer sedaj stojijo temelji, na katerih je konstrukcija za kabelske končnike ter prenapetostne odvodnike.

Opravljena dela	Število dni za izvedbo del
Demontaža stare opreme in konstrukcije	2 dni
Rušitev starih temeljev in vgradnja novih temeljev	7 dni
Montaža podstavkov za pritrditev 110 kV kablov in odvodnikov prenapetosti	1 dan
Izdelava kabelskih končnikov	7 dni
Izdelava povezav med VN končniki, odvodniki in starim DV poljem	1 dan
Preizkus	1 dan

*Tabela 9: Izvedena dela na DV polju 110 kV Slovenj Gradec 2
(Lastni vir)*

Polje se je po končanih delih začasno pripravilo za povratno napajanje rezervnega sistema zbiralnic – sistem 2 v RTP Velenje s strani novega GIS stikališča. Izvedle so se povezave med kabelskimi končniki in odklopnikom Q0. Pogoj za povratno napajanje so bila končana dela na DV 110 kV Šoštanj–Velenje 2.

Pričetek del v TR polju TR 1

Za začetek del je potreben izklop TR 1, izklop pa je trajal do vklopa DV 110 kV Šoštanj–Velenje 2, konzum napajata TR 2 in TR3.

Opravljen dela	Število dni za izvedbo del
Demontaža stare opreme in konstrukcije	2 dni
Rušitev starih temeljev in vgradnja novih temeljev	7 dni
Montaža podstavkov za pritrditev 110 kV kablov in odvodnikov prenapetosti	1 dan
Izdelava kabljskih končnikov	7 dni
Izdelava povezav med VN končniki, odvodniki in starim DV poljem	1 dan
Preizkus	1 dan
Prevezava in nastavitve zaščit s strani EC	V času izklopa TR

*Tabela 10: Izvedena dela na TR polju TR 1
(Lastni vir)*

2. FAZA

Pričetek del v DV polju 110 kV Šoštanj 2

Pred pričetkom del je potrebno izklopiti DV 110 kV Šoštanj–Velenje 2 za celoten čas izvajanja del in DV 110 kV Šoštanj–Velenje 1 za čas, ko se postavlja delovni oder (3 dni pri postavitvi in 1 dan za demontažo). V primeru potreb je predčasni vklop DV Šoštanj–Velenje 1 mogoč v približno 30 minutah po dani zahtevi v delovnem času (postavitve ali demontaža odra), med izdelavo kabljskih končnikov pa je lahko DV vklopljen.

Opravljen dela	Število dni za izvedbo del
Izklop obeh DV zaradi postavitve šotora na drogu za izdelavo končnikov	3 dni
Izdelava kabljskih končnikov	7 dni
Demontaža odra	1 dan
Izdelava novih povezav in demontaža obstoječih povezav med SM 15 in SM 15A	1 dni
Izdelava ozemljitev opletov kablov in montaža ozemljitvenih zbiralk na drogu	1 dan

*Tabela 11: Izvedena dela na DV Polju 110 kV Šoštanj 2
(Lastni vir)*

TR polje TR1 je v tej fazi ostalo izven obratovanja do zaključka del na DV 110 kV Šoštanj–Velenje 2, po dokončanju del pa je lahko obratovalo takrat, ko je bil DV v obratovanju. Potrebni so bili še izklopi tega DV-ja zaradi postavitve in odstranitve šotorov za izvedbo kabelskih končnikov na DV 110 kV Šoštanj–Velenje 1. Po potrebi bi lahko bil TR 1 napajan tudi preko DV Slovenj Gradec 2, ampak potem bi morali narediti tokovne povezave na DV in tako bi izgubili povratno napajanje za zbiralnice sistem 2 v RTP Velenje. Izbrati je bilo potrebno varianto, ki je bila s strani obratovanja stikališča optimalna.

Pričetek del v DV polju 110 kV Šoštanj 1

Pred pričetkom del je potrebno izklopiti DV 110 kV Šoštanj–Velenje 1 za celoten čas izvajanja del in DV 110 kV Šoštanj–Velenje 2 za čas, ko se postavlja delovni oder (3 dni pri postavitvi in 1 dan za demontažo). V primeru potreb je predčasni vklop DV Šoštanj–Velenje 2 mogoč v približno 30 minutah po dani zahtevi v delovnem času (postavitev ali demontaža odra), med izdelavo kabelskih končnikov pa je lahko DV vklopljen.

Opravljen dela	Število dni za izvedbo del
Izklop obeh DV zaradi postavitve šotorov na drogu za izdelavo končnikov	3 dni
Izdelava kabelskih končnikov	7 dni
Demontaža odra	1 dan
Izdelava novih povezav in demontaža obstoječih povezav med SM 15 in SM 15A	1 dni
Izdelava ozemljitev opletov kablov in montaža ozemljitvenih zbiralk na drogu	1 dan

*Tabela 12: Izvedena dela na DV polju 110 kV Šoštanj 1
(Lastni vir)*

Po končanih delih na SM 15 A sta oba DV (Šoštanj–Velenje 1 in 2) povezana na novi GIS. Izklopi obeh DV hkrati niso več bili potrebni. TR 1 je bil napajan s strani TEŠ po omenjenih DV, preko novega GIS stikališča pa se je lahko napajalo tudi ostala dva TR v stari RTP Velenje (preko polja Slovenj Gradec 2), dokler se ni nadaljevalo z deli. Ta varianta je bila bolj optimalna kot napajanje iz smeri Slovenj Gradca, ker ni takšnega nihanja napetosti. Drugače je lahko TR 1 napajan iz smeri TEŠ, TR 3 pa iz smeri Slovenj Gradca, na TR 2 pa se je nadaljevalo z deli.

3. FAZA: Pričetek del v TR polju TR 2

Pred pričetkom del smo potrebovali izklop TR 2, TR 1 in TR 3 sta napajala konzum. Lahko sta bila napajana iz smeri TEŠ ali TR 1 iz smeri TEŠ in TR 3 iz smeri Slovenj Gradca.

Opravljena dela	Število dni za izvedbo del
Demontaža stare opreme in konstrukcije	2 dni
Rušitev starih temeljev in vgradnja novih temeljev	7 dni
Montaža podstavkov za pritrditev 110 kV kablov in odvodnikov prenapetosti	1 dan
Izdelava kabelskih končnikov	7 dni
Izdelava povezav med VN končniki, odvodniki in starim DV poljem	1 dan
Preizkus	1 dan
Prevezava in nastavitev zaščit s strani EC	V času izklopa TR

Tabela 13: Izvedena dela na TR polju TR 2
(Lastni vir)

Ko se je vklopil TR 2 preko novega GIS stikališča in se je izklopil TR 3 ter se prevezal DV 110 kV Slovenj Gradec–Velenje 1 preko polja Slovenj Gradec 2 v novo RTP Velenje. Tako je zanka sklenjena in GIS napajan obojestransko. Potrebno je bilo 4 ure izklopa DV 110 kV Slovenj Gradec–Velenje 1 zaradi odstranitve tokovnih povezav v DV polju 110 kV Slovenj Gradec 1. Stara RTP Velenje je v brez napetostnem stanju. Poleg del na TR 3 so se lahko izvajala tudi dela v polju Slovenj Gradec 1.

Pričetek del v TR polju TR 3

Opravljena dela	Število dni za izvedbo del
Demontaža stare opreme in konstrukcije	2 dni
Rušitev starih temeljev in vgradnja novih temeljev	7 dni
Montaža podstavkov za pritrditev 110 kV kablov in odvodnikov prenapetosti	1 dan
Izdelava kabelskih končnikov	7 dni
Izdelava povezav med VN končniki, odvodniki in starim DV poljem	1 dan
Preizkus	1 dan
Prevezava in nastavitev zaščit s strani EC	V času izklopa TR

Tabela 14: Izvedena dela na TR polju TR 3
(Lastni vir)

4. FAZA

Pričetek del v DV polju 110 kV Slovenj Gradec 1

Pred pričetkom del je bilo potrebno zagotoviti 4 ure izklopa DV 110 kV Slovenj Gradec–Velenje 1 zaradi odstranitve tokovnih povezav v DV polju 110 kV Slovenj Gradec 1.

Opravljen dela	Število dni za izvedbo del
Demontaža stare opreme in konstrukcije	2 dni
Rušitev starih temeljev in vgradnja novih temeljev	7 dni
Montaža podstavkov za pritrditev 110 kV kablov in odvodnikov prenapetosti	1 dan
Izdelava kablskih končnikov	7 dni
Izdelava povezav med VN končniki, odvodniki in starim DV poljem	1 dan
Preizkus	1 dan

*Tabela 15: Izvedena dela v DV polju 110 kV Slovenj Gradec 1
(Lastni vir)*

V tej fazi bi se lahko izvršil interni tehnični pregled za vsa vklopljena polja oziroma po posameznem polju, če je potrebno. Po navadi so dovolj izjave in po tem se na koncu izvede tehnični pregled.

Opravljen dela	Število dni za izvedbo del
Vgradnja in montaža nosilne konstrukcije za 110 kV kabel	3 dni
Polaganje in pritrditev 110 kV kabla	2 dni
Izdelava kablskih končnikov na obeh DV poljih	7 dni po posameznem polju
Izdelava VN povezav in montaža napisnih tablic	1 dan
Prezave in nastavitve zaščit s strani ELES-a	V času izklopa

*Tabela 16: Izvedba del za povezave daljnovodov v TEŠ
(Lastni vir, 2023)*

6 ANALIZA IZVEDBE PRIKLJUČITVE NOVE RTP VELENJE V EES

6.1 PRIPRAVA PLANA PREKLOPOV

Plan preklpov je bil pripravljen in usklajen s službo za obratovanje RCV. Izvedla se je analiza obratovalnega stanja na širšem območju Savinjsko-Šaleške regije. Glavno vodilo pri izvedbi celotne rekonstrukcije je bilo zagotoviti nemoteno napajanje na območju RTP Velenje. Upoštevati je bilo potrebno čim hitrejšo ponovno vzpostavitev napajanja v primeru izpada ene izmed DV povezav in pripraviti tudi rezervne scenarije zagotovitve rezervnega napajanja. Kot optimalen je bil sprejet naslednji vrstni red izvedbe rekonstrukcije:

- postavitve novega DV stebra SM 15A na DV 2 X 110 kV Šoštanj–Velenje I in II, potreben je bil izklop obeh DV za čas betoniranja temeljev postavitve novega stebra; zanka je bila za ta čas prekinjena, napajanje je bilo zagotovljeno iz smeri Dravograda;
- čim hitreje po postavitvi novega stebra je bilo potrebno enega izmed sistemov prevezati, tako da je bilo možno zagotoviti sklenitev zanke v primeru potrebe;
- s strani Slovenj Gradca sta na prvem stojnem mestu obe DV povezavi spojeni (do izgradnje AC), s tem smo imeli možnost izvajati dela na posameznem DV polju, ne da bi prekinjali zanko;
- prva sklenitev zanke preko novega GIS stikališča je tako potekala preko dveh vzporednih DV, medtem ko sta ostala dva DV-ja napajala staro obstoječe stikališče.

6.2 ANALIZA POSAMEZNIH FAZ

Posamezne faze so zahtevale veliko priprave in analiziranja, kako se bodo najlažje izvedla dela in se bo čim manj zahtevalo odpiranje zanke v RTP Velenje. Stremelo se je k zagotovitvi čim zanesljivejšega napajanja in čim krajšega izvajanja posameznih del, ki so zahtevala odprto zanko preko RTP Velenje. Kratki povzetki značilnosti posameznih faz so:

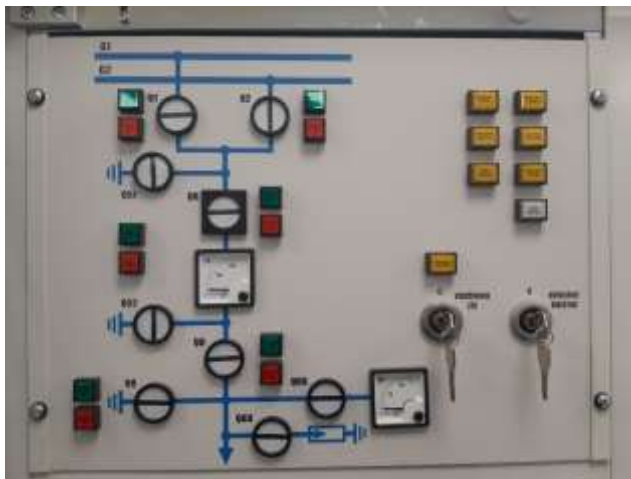
- najzahtevnejša faza je bila postavitve novega SM 15A in prevezava DV 2 X 110 kV preko novega stebra nazaj na stari steber in v obstoječo RTP Velenje; potrebni so bili 3 dnevni izklopi obeh DV; po izvedeni prevezavi je bil pripravljen teren za izdelavo kablskih končnikov na posameznem sistemu in možnost vzankanja v novi RTP brez daljših prekinitev zanke;
- po vzpostavitvi zanke preko novega GIS stikališča, preko DV 110 kV Slovenj Gradec–Velenje 2 in DV 110 kV Šoštanj–Velenje, se je lahko pričelo z deli v TR poljih; hkrati so se izvajala dela v enem TR polju; prvo TR polje se je priključilo na novo GIS stikališče, na drugem se je izvajala rekonstrukcija, tretji TR pa je bil rezervno priključen preko drugega DV proti TEŠ;
- po prestavitvi vseh treh TR na novi GIS se je izvedla rekonstrukcija v preostalih dveh DV poljih, s tem sta bili obe DV povezavi vzankani v novo stikališče RTP Velenje;
- po vseh končanih delih v RTP Velenje se je izvedla še prevezava dveh DV 110 kV Šoštanj–Velenje 2 in Šoštanj–Podlog 2 mimo TEŠ v novo DV povezavo Podlog–Velenje; s tem je nova RTP Velenje enkrat napajana direktno iz RTP Podlog, s čimer se je močno povečala zanesljivost napajanja na tem območju.

7 IZVEDBA POTREBNIH TESTIRANJ IN ZAGONSKIH PREIZKUSOV

Pomemben del tako imenovanega puščanja v pogon za posamezno VN polje so zagonski preizkusi. Po končanih delih, tako na primarni strani kot na sekundarni strani naprav in končanim kompletnim ožičenjem, se lahko prične z zagonskimi preizkusi. Preizkusi zajemajo naslednje teste.

7.1 TESTI NAPRAV VODENJA IN ZAŠČITE

- Preizkus delovanja krmiljenja preko vseh nivojev: preizkušanje se izvede od najnižjega krmilnega mesta, torej pri sami napravi oziroma aparatu, nadalje iz omare vodenja v komandnem prostoru (preizkus preko krmilno komandnega panela in preko računalnika polja), iz nadrejenih centrov vodenja OCV in RCV;
- preizkus zapahovanja med posameznimi VN aparati: preizkus zajema poskus vzpostavitve nedovoljenih obratovalnih stanj, ki morajo biti ob pravilnem delovanju zapahovanja onemogočena; preizkusi se zapahovanje za vse VN elemente na nivoju posameznega VN polja in na nivoju celotnega stikališča; s tem se prepreči izvedbo napačnih manipulacij, kar velja za krmiljenje preko računalnika polja in preko scade, medtem ko krmiljenje preko komandnega panela ni zapahovano ter služi samo za izredna stanja.



Slika 23: Krmilno komandni panel
(Lastni vir)

- preizkus delovanja položajne signalizacije: za vsak posamezen element se preveri položajna signalizacija za vklopljeno in izklopljeno stanje naprave ter

- vmesni položaj; preveri se tudi, če je na vseh nivojih identično stanje in ne prihaja do odstopanj;
- po končanem preizkusu naprav vodenja se izvede preizkus delovanja meritev in sinhronizacije; na merilnih transformatorjih se simulira prisotnost nazivne napetosti in toka ter se tako preveri pravilnost prikaza vrednosti na postajnem računalniku, števcu, scadi in zaščitnih relejih; preveri se pravilna usmerjenost tokovnikov, zaprtost posameznih tokovnih zank, pravilno fazno zaporedje in pokrivanje sinhronizacijskih napetosti;
 - na zaključku preizkušanj se preveri še pravilno delovanje zaščitnih naprav (distančne, diferenčne in zaščite zbiralk); simulirajo se normalna obratovalna stanja, zaščita ne sme odreagirati pri nazivni vrednosti toka in napetosti na DV oziroma TR; nato se simulirajo nastanki enofaznih in trifaznih defektov na VN napravi; preizkusi se pravilno delovanje APV-ja, neuspešnega APV-ja, tripolnih izpadov, delovanje distančne zaščite v vseh stopnjah, delovanje rezervne pretokovne zaščite itd.; zaščita zbiralk se preizkusi na koncu preizkušanj, ker je potrebno za celoten preizkus izvajati manipulacije v celotnem stikališču; izvedejo se preklopi na obeh sistemih zbiralk preko zveznega polja, nato se preveri delovanje ZZB za različna mesta, kjer bi lahko nastala okvara (KS na zbiralkah obeh sistemov, KS v posameznem odvodnem polju, zatajitev odklopnika v posameznem polju, delovanje v času t_1 in času t_2); preveri se tudi pravilnost položajne signalizacije zbiralničnih ločilnikov Q1 in Q2 v vseh poljih, ker njihova pravilna postavitve vpliva na združitve in razdružitve zaščitnih con;
 - eden izmed testov je tudi preizkus delovanja alarmne signalizacije do vseh nivojev; preizkusijo se vse normalne in alarmne signalizacije, kar vključuje spremljanje parametrov VN aparatov, nivoja plina v posameznih predelkih (prenizek tlak SF₆, blokada plina SF₆, nenavita vzmet, itd.) ter izpade napajalnih in krmilnih aparatov v samem polju ter LR; simulirajo se vsi možni alarmi, ki so ožičeni in nato se preveri pravilnost zapisa signalizacije na vseh nivojih nadzora oziroma vodenja.



Slika 24: Računalnik polja 6MD85
(Lastni vir)

7.2 IZVEDBA ZAGONSKIH PREIZKUSOV IN TESTOV

Po zaključku vseh testov na napravah vodenja in zaščite je na vrsti zadnji del preizkusov. Ti preizkusi se izvedejo živo ob prisotnosti omrežne napetosti. Vsa dela morajo biti zaključena, prav tako tudi vsi VN testi. Izdana morajo biti vsa potrdila o sposobnosti naprav za obratovanje oziroma puščanje pod napetost. Pri prvem polju je to pomenilo tudi prvi vklop stikališča pod napetost. Preizkusi so potekali po naslednjem vrstnem redu:

- iz smeri RTP Slovenj Gradec smo preko DV 110 kV Slovenj Gradec–Velenje poslali napetost proti RTP Velenju;
- v RTP Velenje smo vklopili v DV polju 110 kV Slovenj Gradec daljnovodni ločilnik Q9, preverili smo meritve napetosti v vseh treh fazah; nadalje smo vklopili zbiralni ločilnik Q1 in odklopnik Q0, s tem smo napetost poslali na celotno zbiralko sistem G1; preverili smo meritve napetosti še na merilnem polju Sistema G1;
- sledil je vklop zveznega polja 110 kV v naslednjem vrstnem redu Q1, Q2 in Q0; s tem smo poslali preko ZVP napetost še na drugo zbiralko G2; ponovno smo preverili stanje meritev na merilnem polju sistema G2 in pravilnost parametrov na vseh zaščitnih napravah (v DV polju in na ZZB);
- sledil je vklop DV 110 kV Šoštanj–Velenje v RTP Velenje v naslednjem vrstnem redu Q1, Q9 in Q0; s tem smo poslali napetost proti 110 kV stikališču v TEŠ;
- ekipa v TEŠ je preverila prisotnost vseh treh faz v DV polju 110 kV Velenje v TEŠ;
- sledil je preizkus pravilnega faznega zaporedja na celotni zanki od RTP Slovenj Gradec preko RTP Velenje do TEŠ;
- ekipa v RTP Slovenj Gradec je v DV polju 110 kV Velenje izklopila delovanje zaščite proti neskladju polov odklopnika, nato je sledil izklop posamezne faze odklopnika od L1 do L3; ob izpadu vsake posamezne faze smo v vseh treh RTP-jih preverili izostanek posamezne faze; tako smo preverili pravilnost faznega zaporedja;
- s tem preizkusom je bil preverjen fazni red na celotni zanki in pripravljena osnova za preizkuse ostalih polj, ki so se v nadaljevanju priklapljala;
- po vzpostavitvi zanke preko novega stikališča GIS v RTP Velenje je nato sledil preizkus in vklop posameznih TR polj od 1 do 3 in nato še vklop obeh vzporednih DV, DV 110 kV Dravograd–Velenje (ki bo povezan ob izgradnji AC) ter DV 110 kV Šoštanj–Velenje 2, ki bo ob koncu rekonstrukcije prevezan v TEŠ v novi DV 110 kV Podlog–Velenje.

8 ZAKLJUČEK

V današnjem času je potreba po nemoteni oskrbi z električno energijo nujnega pomena. Da je prenos električne energije zanesljiv, skrbi velika skupina strokovnjakov na različnih področjih. Nenehno se razvijajo nove tehnologije in tudi v elektroenergetiki ni nič drugače. Elektroenergetski postroji se zaradi izčrpane življenjske dobe in zastarele tehnologije menjajo z novimi.

V diplomskem delu smo obravnavali primer rekonstrukcije razdelilne transformatorske postaje 110/20 kV Velenje v GIS izvedbi z razpletom daljnovodov. Rekonstrukcija je bila potrebna zaradi dotrajanega starega prostozračnega stikališča in posledic, ki jih je prineslo rudarjenje v Velenju.

Veliko staro prostozračno stikališče je zamenjal lep nov objekt, v katerem se nahaja moderno majhno stikališče v GIS izvedbi. RTP Velenje bo tako naslednja desetletja služila kvalitetnemu in zanesljivemu napajanju Savinjsko–Šaleške regije.

RTP Velenje, ki je sedaj v lasti ELES-a, ima tako z rekonstrukcijo v GIS izvedbi možnost kasnejše razširitve za potrebe zahodne Štajerske regije.

9 LITERATURA IN VIRI

Cilenšek, M. (2021). *Prenova RTP Velenje s prehodom v GIS-izvedbo stikališča*. Diplomsko delo, Maribor: Univerza v Mariboru, Fakulteta za elektrotehniko, računalništvo in informatiko.

Dolšak, S. (2022) *Lokalna obratovalna navodila RTP 110/20 kV Velenje 110 kV stikališče – del ELES, NA K 7.5.12.118*.

Kodrun, M. (2022). *Umestitev novega zateznega daljnovodnega stebra v obstoječ sistem zaradi rekonstrukcije RTP Velenje*. Diplomsko delo, Celje: Šolski center Celje, višja strokovna šola.

Slapnik, S. (2022). *Analiza rekonstrukcije razdelilne transformatorske postaje Velenje*. Diplomsko delo, Celje: Šolski center Celje, višja strokovna šola.

Verhovšek, A. (2010). *Daljnovodno polje 110 kV Šoštanj II v RTP Podlog 400/220/110 kV*. Seminarska naloga, Ljubljana, ICES.