

UNIVERZA V NOVI GORICI
POSLOVNO-TEHNIŠKA FAKULTETA

**UPORABA PREČNEGA TRANSFORMATORJA V
ELEKTROENERGETSKEM SISTEMU SLOVENIJE**

DIPLOMSKO DELO

Egon Prelec

Mentor: prof. dr. Marko Zavrtanik

Nova Gorica, 2011

ZAHVALA

Zahvaljujem se mentorju prof. dr. Marku Zavrtaniku za vodenje pri opravljanju diplomskega dela.

Zahvaljujem se podjetju Elektro-Slovenija, d.o.o., ki mi je omogočilo študij.

Posebno se zahvaljujem ženi Nataši za spodbudo, odrekanje in pomoč v času mojega študija.

NASLOV

Uporaba prečnega transformatorja v elektroenergetskem sistemu Slovenije

IZVLEČEK

Slovenski elektroenergetski sistem že vrsto let obratuje v evropski povezavi, ker mu to omogoča večjo odpornost proti motnjam in racionalnejšo obliko delovanja. Slaba stran povezave je pojav nezaželenih pretokov električne energije. Optimalno rešitev problema regulacije pretokov moči v slovenskem elektroenergetskem sistemu je predstavljal vgradnja prečnega transformatorja. Za vgradnjo prečnega transformatorja je bila najprimernejša razdelilno transformatorska postaja Divača in je v diplomskem delu splošno opisana.

Prečni transformator smo pripravili za obratovanje in ga vključili v sistem vodenja. Za uspešno obratovanje je bilo potrebno definirati obratovalna stanja in postopke za vodenje. Med pripravami za obratovanje je potekalo usposabljanje in obveščanje delavcev za zagotovitev varnosti in zdravja pri delu.

V diplomskem delu je opisana sestava in delovanje prečnega transformatorja ter podana zakonska podlaga o varnosti in zdravju pri delu, ki zajema varstvena pravila za delo na elektroenergetskih objektih in dokumente za varno delo na prečnem transformatorju. Definirana so obratovalna stanja in postopki za vodenje in krmiljenje prečnega transformatorja. Za uspešno in varno obratovanje smo določili postopke vklopov in izklopov prečnega transformatorja. Zadnji del diplomskega dela podaja oceno ekonomske upravičenosti vgradnje prečnega transformatorja.

V poskusnem obratovanju so se postopki za vodenje in krmiljenje prečnega transformatorja izkazali za uspešne, saj je naprava preko regulacije pretokov omogočila varno obratovanje slovenskega elektroenergetskega sistema.

KLJUČNE BESEDE

prečni transformator, elektroenergetski sistem, prenosno omrežje, razdelilno transformatorska postaja, daljnovod, razvoj

TITLE

The use of phase shifting-transformers in Slovenia's electricity power system

ABSTRACT

Slovenian electrical power system has been interpreted in the European network for several years. Hence better immunity against disturbances and a more efficient way of operation can be achieved. Of this connection is the occurrence of disadvantages undesirable electrical flows. The installation of phase shifting transformer represented an optimal solution for the problem of power flows control in Slovenian electrical power system. The power substation Divača was considered the most appropriate for the installation of phase shifting transformer and is described in detail in this diploma.

In this work the way of phase shifting transformer is prepared for operation and integrated it into the management system is described. For successful operation we had to define operating conditions and accommodation procedures. During preparations for the operation we conducted training and information of workers to guarantee health and safety standards at work.

The diploma describes the construction and operation of phase shifting transformer. It provides guidelines for health and safety issues for work on electric power facilities as well as documents for safe work on the phase shifting transformer. It include operating conditions and procedures for control of the phase shifting transformer. We determined procedures for activation and deactivation of phase shifting transformer for safe operation are described. The last part of the diploma provides the assessment of economic viability of phase shifting transformer installation. In the preliminary operation, the control procedures proved to be successful, because the device enabled safe operation of the Slovenian electrical power system through the flow regulation.

KEY WORDS

phase shifting transformer, power system, transmission network, power substation, overhead line, development

KAZALO

1	UVOD.....	1
2	ELEKTROENERGETSKI SISTEM SLOVENIJE.....	2
2.1	Proizvodnja električne energije	3
2.2	Prenos električne energije.....	3
2.3	Distribucija električne energije.....	4
3	RAZDELILNO TRANSFORMATORSKA POSTAJA DIVAČA.....	5
3.1	Stikališče 400 kV	5
3.2	Stikališče 220 kV	6
3.3	Stikališče 110 kV	7
3.4	Stikališče 35 kV	8
3.5	Sinhronski kompenzator 50 MVar.....	8
3.6	Lastna raba.....	9
3.6.1	Sistem izmenične lastne rabe AC (Alternating Current).....	9
3.6.2	Sistem enosmerne lastne rabe DC (Direct Current).....	10
4	VGRADNJA PREČNEGA TRANSFORMATORJA.....	12
4.1	Obseg gradnje prečnega transformatorja	13
4.2	Investicijska in projektna dokumentacija	14
5	VKLJUČITEV PREČNEGA TRANSFORMATORJA V SISTEM EMS	15
5.1	Grafična predstavitev prečnega transformatorja.....	15
5.2	Testiranje	16

6	PREČNI TRANSFORMATOR.....	18
6.1	Princip delovanja prečnega transformatorja	19
6.2	Električna shema vezave in osnovni tehnični podatki prečnega transformatorja.....	20
6.3	Sestava prečne transformacije	21
6.3.1	Transformatorski polji AC12 in AC14	23
6.3.2	Obhodno polje AC13	26
6.3.3	Relejna hišica	31
7	OBRATOVALNA STANJA PREČNEGA TRANSFORMATORJA.....	32
7.1	Normalno obratovalno stanje.....	32
7.2	Izredno obratovalno stanje.....	34
8	VODENJE IN KRMILJENJE 400 KV STIKALIŠČA PST	35
8.1	Krmiljenje naprav v stikališču 400 kV PST	35
8.2	Izklop PST	38
8.2.1	Izklop ene od obeh enot	38
8.2.2	Izklop obeh enot.....	39
8.3	Vklop PST.....	39
8.3.1	Vklop prve enote pri obremenjenem DV	40
8.3.2	Vklop druge enote pri obremenjenem DV	40
8.3.3	Vklop obeh enot istočasno pri obremenjenem DV	41
8.3.4	Vklop PST pri izklopljenem DV 400 kV Divača-Redipuglia.....	42
8.4	Izpad PST.....	43

8.4.1	Izpad PST po preobremenitvi.....	43
8.4.2	Izpad PST po delovanju ostalih zaščit	43
8.4.3	Izpad stikališča 400 kV v RTP Divača	44
9	SISTEM VODENJA	45
9.1	Računalnik polja	45
9.2	Delovni postaji in komunikacijski server	46
9.3	Optično vozlišče	48
10	ZAKONSKA PODLAGA O VARNOSTI IN ZDRAVJU PRI DELU.....	49
10.1	Varstvena pravila za delo na elektroenergetskih objektih	50
10.2	Dokumenti za varno delo na PST.....	51
11	EKONOMSKA UPRAVIČENOST VGRADNJE PST	53
12	ZAKLJUČEK.....	55
13	LITERATURA	56
	PRILOGA 1: ENOPOLNA SHEMA EES REPUBLIKE SLOVENIJE.....	58
	PRILOGA 2: IZJAVA O PREIZKUŠANJU	59
	PRILOGA 3: NAPISNA PLOŠČICA PST.....	60
	PRILOGA 4: PRVI VKLOP PST	61

KAZALO SLIK

Slika 1: Slovensko prenosno omrežje (Hrovatin, 2009)	4
Slika 2: Razdelilna transformatorska postaja Divača (Arhiv, 2010).....	5
Slika 3: Izmenična lastna raba (Delovna postaja, 2011)	9
Slika 4: Enosmerna lastna raba (Delovna postaja, 2011).....	10
Slika 5: Prečni transformator na vlaku (Arhiv, 2010).....	13
Slika 6: Gradbišče prečnega transformatorja (Arhiv, 2010)	14
Slika 7: Procesna slika 400 kV stikališča in prečnega transformatorja (SCADA, 2011)	16
Slika 8: Testiranje meritev AC14 (Arhiv, 2010).....	17
Slika 9: Prečni transformator (Arhiv, 2010)	18
Slika 10: Enofazni shematični prikaz in kazalčni diagram prečnega transformatorja (Mihalič in Žunko, 2005)	19
Slika 11: Električna shema vezave in fazni diagram prečnega transformatorja (Pezdirc, 2008).	20
Slika 12: Sestava prečne transformacije (Pezdirc, 2008).....	22
Slika 13: Normalno obratovalno stanje 400 kV stikališča PST ob vklopljenem PST (NA K 7.5.1.156, 2010).	33
Slika 14: Normalno obratovalno stanje 400 kV stikališča PST ob izklopljenem PST (NA K 7.5.1.156, 2010).	33
Slika 15: Izredno obratovalno stanje 400 kV stikališča PST (NA K 7.5.1.156, 2010).	34
Slika 16: Delovna postaja (Arhiv, 2010).....	46

Slika 17: Pogodbene vrednosti čezmejnega prenosa za obdobje januar-september 2010 in 2011 ter razlika med letoma v odstotkih (ELES, d.o.o., 2011)..... 54

KAZALO TABEL

Tabela 1: Krmiljenje naprav v stikališču 400 kV PST – normalno (NA K 7.5.1.156, 2010).	36
Tabela 2: Krmiljenje naprav v stikališču 400 kV PST – izredno (NA K 7.5.1.156, 2010).	37

1 UVOD

Elektrotehnika ima na Slovenskem že več kot stoletno tradicijo. Z graditvijo visokonapetostnih daljnovodov je bil prvič omogočen prenos električne energije na večje razdalje, hkrati pa je to pomenilo tudi začetek intenzivne gradnje prenosnega omrežja v Sloveniji. Vsa ta leta je slovenska elektroenergetska stroka sledila razvoju prenosnega omrežja v svetu in Evropi in pravilno presodila pomen povezanosti evropskega visokonapetostnega omrežja. Slovenski elektroenergetski sistem tako že trideset let sinhrono obratuje kot član evropske povezave UCTE (Union for the Coordination of Transmission of Electricity).

V elektroenergetskem sistemu prihaja do izgub med prenosom električne energije, saj se pojavljajo nekontrolirani pretoki električne energije po paralelnih poteh. Ena od možnih rešitev je uporaba prečnega transformatorja, čigar prestava ima kompleksen značaj, kar pomeni, da lahko s pomočjo njega na tej povezavi spremenimo razmerje med delovno in jalovo močjo in s tem usmerjamo prenosno zmogljivost elektroenergetskega sistema ter zmanjšamo izgube med prenosom električne energije.

Prečni transformator 400 kV 2×600 MVA je bil zgrajen v RTP (razdelilna transformatorska postaja) Divača zaradi povečanja zanesljivosti obratovanja 400 kV prenosnega omrežja in omogočanja večjih in nadzorovanih pretokov električne energije med elektroenergetskima sistemoma Slovenije in Italije. S prečnim transformatorjem so se zmanjšale izgube v sistemu zaradi omejitve nenadzorovanih velikih prenosov električne energije preko slovenskega elektroenergetskega sistema. Vgradnja prečnega transformatorja je smiselna tudi zaradi omogočanja večjih prihodkov iz naslova zakupa prostih čezmejnih prenosnih kapacitet, ter zaradi hitrejšega in kontroliranega ponovnega vklopljanja omrežij po morebitnem izpadu.

2 ELEKTROENERGETSKI SISTEM SLOVENIJE

Elektroenergetski sistem Slovenije (priloga 1) sestavljajo elektroenergetski objekti, ki s sistemskimi povezavami delujejo racionalno v doseganju visoke stopnje zanesljivosti in kvalitete dobave električne energije. Proizvodnja, prenos in distribucija so tri panoge elektrogospodarstva, ki sestavljajo elektroenergetski sistem Slovenije. V sistemu so povezave elektroenergetskih objektov omogočene s sekundarnimi energetske objekti in centri vodenja. Elektroenergetski sistemi posameznih držav se združujejo v večje sisteme – povezave. Slovenski elektroenergetski sistem že vrsto let deluje v evropski povezavi UCTE (Union for the Co-ordination of Transmission of Electricity), ki je zveza elektroenergetskih sistemov kontinentalnega dela Evrope. Sicer pa polnopravno članstvo v UCTE za Slovenijo ni pomembno le zaradi ugleda, ki ga ima ta unija v svetu, temveč predvsem zaradi številnih prednosti, ki jih takšno članstvo daje. Mednje štejemo doseganje visoke kakovosti električne energije in institucijo brezplačne avtomatizirane medsebojne pomoči, ki posredno poleg visoke kakovosti obratovanja zagotavlja tudi zelo veliko zanesljivost dobave električne energije in veliko odpornost proti morebitnim motnjam v posameznem elektroenergetskem sistemu. Osnova za kvalitetno delovanje posameznih sistemov in povezav so sistemske regulacije (Hrovatin, 2009):

- primarna regulacija frekvence je regulacija moči proizvodne enote za vzdrževanje ravnotežja med proizvedeno in oddano močjo v sekundnem obdobju, ki se odraža v uravnavanju frekvence,
- sekundarna regulacija frekvence je avtomatsko prilagajanje moči agregatov, ki ohranja želeno izmenjavo moči s sosednjimi regulacijskimi območji ter zmanjšuje preostalo odstopanje frekvence po delovanju primarnih agregatov.
- terciarna regulacija je sprememba delovne točke agregata s posegom operaterja in je namenjena za izravnavo odstopanj v vsakdanjem obratovanju in za izredne obratovalne dogodke. Rezerva za izravnavo odstopanj v vsakdanjem obratovanju se praviloma uporablja za nadomestitev manjkajoče rezerve v rezervah sekundarne regulacije. Zaradi izrednih obratovalnih dogodkov pa mora sistemski operater zagotavljati terciarno rezervo moči s

katero pokrije izpad največjega obratujočega agregata v regulacijskem območju. Terciarna rezerva moči mora biti v polnem obsegu aktivirana v 15 minutah po dani zahtevi.

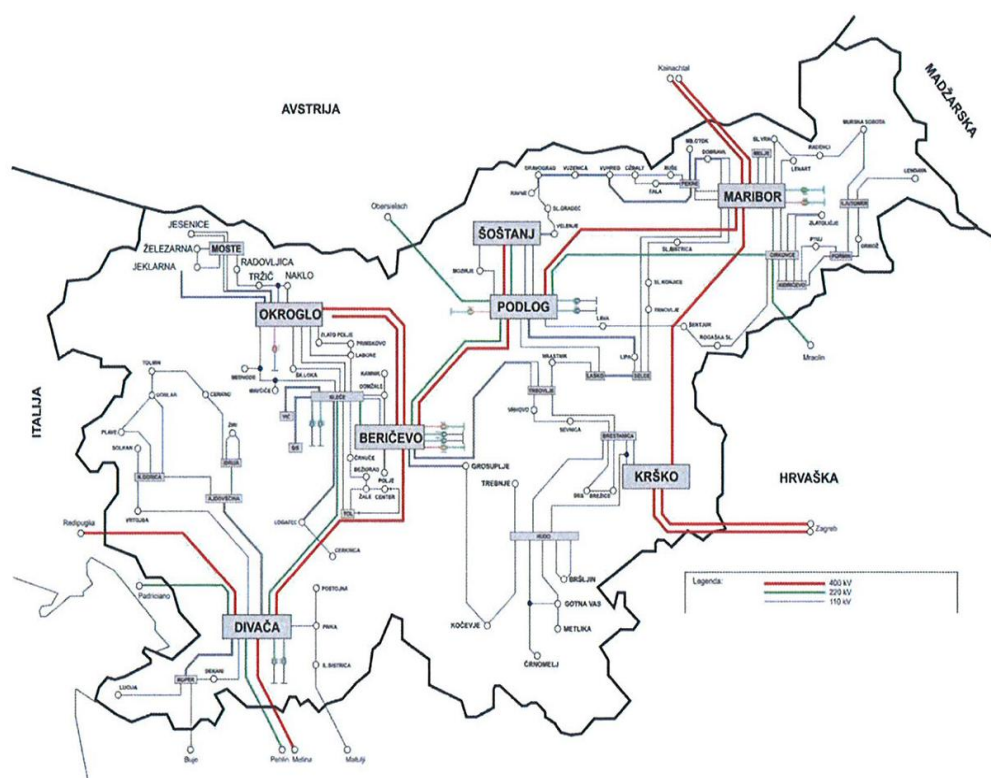
2.1 Proizvodnja električne energije

Sistemska proizvodnja v slovenskem elektroenergetskem sistemu predstavljajo veliki proizvajalci električne energije: Dravske elektrarne (DEM), Savske elektrarne (SEL), Soške elektrarne (SENG), Nuklearna elektrarna (NEK), Termoelektrarna Šoštanj (TEŠ), Termoelektrarna-toplarna (TE-TOL) in Termoelektrarna Brestanica (TEB). Poleg njih obratuje na distribucijsko omrežje priključena razpršena proizvodnja. To so male hidroelektrarne in proizvodnja v industrijskih objektih predvsem s proizvodnjo toplote. Postopoma se v sistem vključujejo tudi drugi obnovljivi viri električne energije kot so sončne elektrarne, elektrarne na biomaso in mikro elektrarne.

2.2 Prenos električne energije

Javno podjetje Elektro-Slovenija, d.o.o. ima izključno pravico za opravljanje javne službe dejavnosti systemskega operaterja prenosnega omrežja na območju Republike Slovenije. Slovensko prenosno omrežje (slika 1) sestavljajo objekti na treh napetostnih nivojih: 400 kV, 220 kV, 110 kV. Med prenosne objekte štejemo daljnovode, razdelilne transformatorske postaje in razdelilne postaje. Namenjeno je prenosu kakovostne električne energije od velikih proizvajalcev električne energije do distribucijskih omrežij in neposrednih odjemalcev na visokonapetostnem nivoju: železarn Štore, Ravne in Jesenice, industrijskih objektov na lokaciji Ruše ter tovarne aluminija Kidričevo. Poleg tega je naše prenosno omrežje namenjeno tudi uvozu, izvozu in tranzitu električne energije med elektroenergetskimi sistemi sosednjih držav. Glavni strateški cilj systemskega operaterja prenosnega omrežja je pospešena gradnja novih daljnovodov, razdelilnih transformatorskih postaj in nadzornih centrov z željo zagotavljati uporabnikom zanesljiv, kakovosten in enostaven prenos električne energije. Ključni motilni dejavnik pri izpopolnjevanju tega cilja so nenehne spremembe razmer v elektroenergetskem sistemu, ki jih obvladujejo z

ustreznim načrtovanjem obratovanja in delovanjem avtomatskih sistemov zaščite in sistemskih regulacij, v nekaterih primerih pa je nujno posredovanje operaterja prenosnega omrežja. Za pravilno presojo razmer in izvajanje posegov v omrežje morajo biti operaterji opremljeni s sodobnimi sredstvi daljinskega vodenja, ki jih ponuja Republiški center vodenja elektroenergetskega sistema Slovenije.



Slika 1: Slovensko prenosno omrežje (Hrovatin, 2009)

2.3 Distribucija električne energije

Distribucija električne energije je regulirana panoga, zato je za delovanje distribucije v razvoju, gradnji in obratovanju potrebno upoštevati veljavno zakonsko regulativo. Kvaliteta dobave električne energije mora biti stalno kontrolirana. Pri nas imamo pet podjetij za distribucijo električne energije, to so: Elektro Ljubljana, Elektro Maribor, Elektro Primorska, Elektro Celje, Elektro Gorenjska. Med glavne cilje teh družb pa lahko štejemo zanesljivo in varno oskrbo porabnikov z električno energijo.

3 RAZDELILNO TRANSFORMATORSKA POSTAJA DIVAČA

Razdelilno transformatorska postaja 400/110-220/110/35/10 kV Divača, vidna na sliki 2, je pomemben člen v elektroenergetskem sistemu Slovenije. Povezuje Slovenijo s tujino in je obenem osnovna napajalna točka za oskrbo z električno energijo za področje Primorske. Grajena je bila postopoma in v končni fazi ima pet napetostnih nivojev 400 kV, 220 kV, 110 kV, 35 kV in 10,5 kV nivo, ki napaja sinhronski kompenzator za proizvodnjo jalove energije. Visokonapetostne naprave so vgrajene v stikalnih poljih, ki skupaj s povezavami in zbiralkami sestavljajo prosto zračno stikališče posameznega napetostnega nivoja.



Slika 2: Razdelilna transformatorska postaja Divača (Arhiv, 2010)

3.1 Stikališče 400 kV

Stikališče 400 kV je bilo zgrajeno v začetku sedemdesetih let skupaj s 400 kV jugoslovansko zanko. Stikališče je prosto zračno, izvedeno z dvojnimi glavnimi in pomožnimi zbiralnicami (2G+P). Zbiralnice so klasične izvedbe, opremljene s snopastimi vodniki AlFe $3 \times 490/65 \text{ mm}^2$, z razdaljo med posameznimi vrvmi 400 mm. 400 kV stikališče sestavljajo:

- daljnovodno polje DV 400 kV Melina (Hrvaška),
- daljnovodno polje DV 400 kV Redipuglia (Italija),
- daljnovodno polje DV 400 kV Beričevo,
- transformatorsko polje T411 - 400/110 kV (primarna stran),
- prečni transformator 400/400 kV 1200 MVA,
- merilno polje I in II,
- zvezno polje.

3.2 Stikališče 220 kV

Stikališče 220 kV je zgrajeno z dvojnimi glavnimi SI in SII zbiralnicami. Te so klasične izvedbe z zbiralkami iz vodnikov AlFe $2 \times 490/65 \text{ mm}^2$ z razdaljo med posameznimi vrvmi 400 mm. V 220 kV stikališču sta prosti še dve polji, nad katerimi so zbiranke že postavljene. V prihodnosti širjenje 220 kV stikališča ni predvideno, saj je dolgoročni cilj opustitev 220 kV napetostnega nivoja po vsej Sloveniji in nadomestitev s 400 kV napetostnim nivojem. 220 kV stikališče sestavljajo:

- daljnovodno polje DV 220 kV Pehlin (Hrvaška),
- daljnovodno polje DV 220 kV Padriciano (Italija),
- daljnovodno polje DV 220 kV Kleče,
- transformatorsko polje T211 – 220/110 kV (primarna stran),
- transformatorsko polje T212 – 220/110 kV (primarna stran),
- merilno polje I in II,
- zvezno polje.

3.3 Stikališče 110 kV

Stikališče 110 kV je zgrajeno z dvojnimi glavnimi zbiralnicami SI (prvi sistem) in SII (drugi sistem). Zbiralnice so klasične UI konfiguracije, opremljene s snopastimi vodniki AlFe 2×490/65 mm² z razdaljo med posameznimi vrvmi 400 mm. Prostih je še pet polj, od katerih je eno polje predvideno za priključitev druge transformacije 400/110 kV, eno polje pa je predvideno za vključitev drugega sistema 110 kV daljnovoda proti Pivki. 110 kV stikališče sestavljajo:

- daljnovodno polje DV 110 kV Ajdovščina I,
- daljnovodno polje DV 110 kV Ajdovščina II,
- daljnovodno polje DV 110 kV Sežana,
- daljnovodno polje DV 110 kV Pivka,
- daljnovodno polje DV 110 kV Dekani,
- daljnovodno polje DV 110 kV Koper I,
- daljnovodno polje DV 110 kV Koper II,
- daljnovodno polje DV 110 kV Sežana II,
- transformatorsko polje T411 – 400/110 kV (sekundarna stran),
- transformatorsko polje T211 – 220/110 kV (sekundarna stran),
- transformatorsko polje T212 – 220/110 kV (sekundarna stran),
- transformatorsko polje T131 – 110/35 kV (primarna stran),
- transformatorsko polje T132 – 110/35 kV (primarna stran),
- merilno polje I in II,
- zvezno polje.

3.4 Stikališče 35 kV

Stikališče 35 kV vodi Elektro Primorska, krmili in nadzira ga ELES . Dolgoročni cilj je opustitev 35 kV napetostnega nivoja in nadomestitev z 20 kV napetostnim nivojem. 35 kV stikališče sestavljajo:

- daljnovodno polje DV 35 kV Elektro napajalna postaja,
- daljnovodno polje DV 35 kV Kozina,
- transformatorsko polje T131 – 110/35 kV (sekundarna stran),
- transformatorsko polje T132 – 110/35 kV (sekundarna stran),
- transformatorsko polje T LR – 35/0,4 kV (primarna stran),
- merilno polje I in II,
- zvezno polje.

3.5 Sinhronski kompenzator 50 MVar

Sinhronski kompenzator nam služi za poboljšanje faktorja moči električnega omrežja, saj veliko električnih porabnikov odvzema iz električnega omrežja poleg delovne moči tudi jalovo moč, ki je potrebna za magnetenje. S kompenzacijo jalove moči, čim bližje porabnikom, razbremenimo prenosno omrežje. Sinhronski kompenzator obratuje priklopljen preko kableske povezave in izbirnih ločilnikov na terciar transformatorja T211 ali T212. Regulacijsko območje ima od -20 MVar (jalova moč) do +50 MVar, pri hlajenju z vodikom. Kompenzator je sinhronski stroj, brez zagonskega motorja, ki napaja visokonapetostno omrežje preko omrežnega transformatorja.

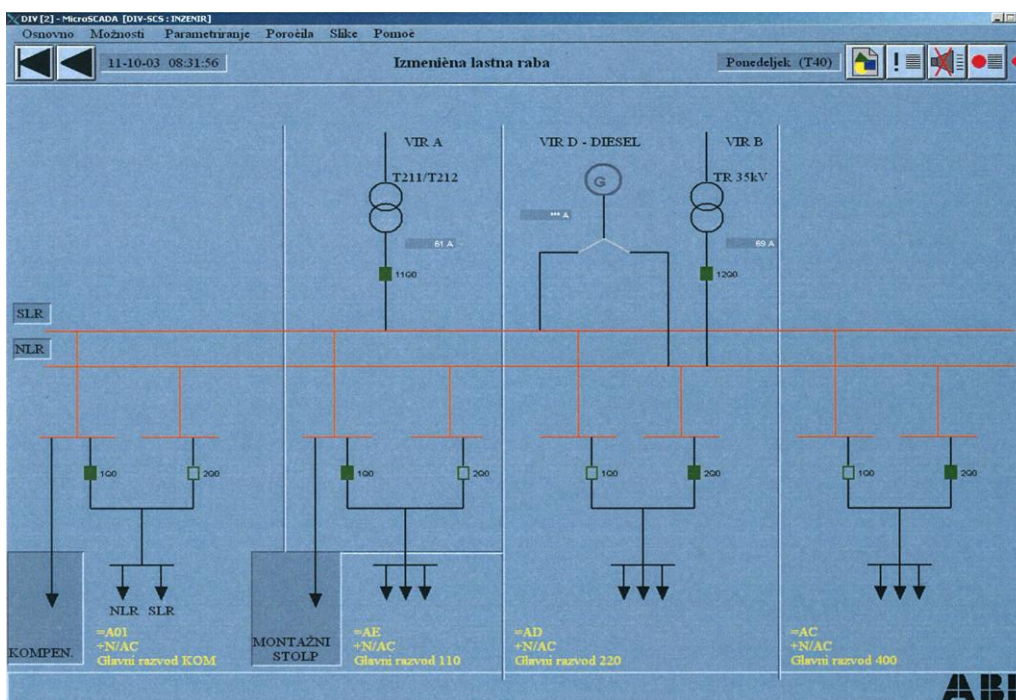
3.6 Lastna raba

3.6.1 Sistem izmenične lastne rabe AC (Alternating Current)

Jedro LR-AC sestavlja dve ločeni enakovredni, neodvisni zbiralnici, ki potekajo po celotnem stikališču. Na zbiralnici so preko avtomatsko krmiljenih odklopnikov priklopljeni posamezni viri in porabniki.

Izmenična lastna raba (AC), prikazana na sliki 3, se napaja iz treh virov:

- Vir A; transformator 630 kVA, 10/0,4 kV iz terciarjev transformatorjev T211 ali T212,
- Vir B; transformator 250 kVA, 35/0,4 kV iz 35 kV stikališča,
- Vir D; dizel električni agregat (DEA) 250 kVA .



Slika 3: Izmenična lastna raba (Delovna postaja, 2011)

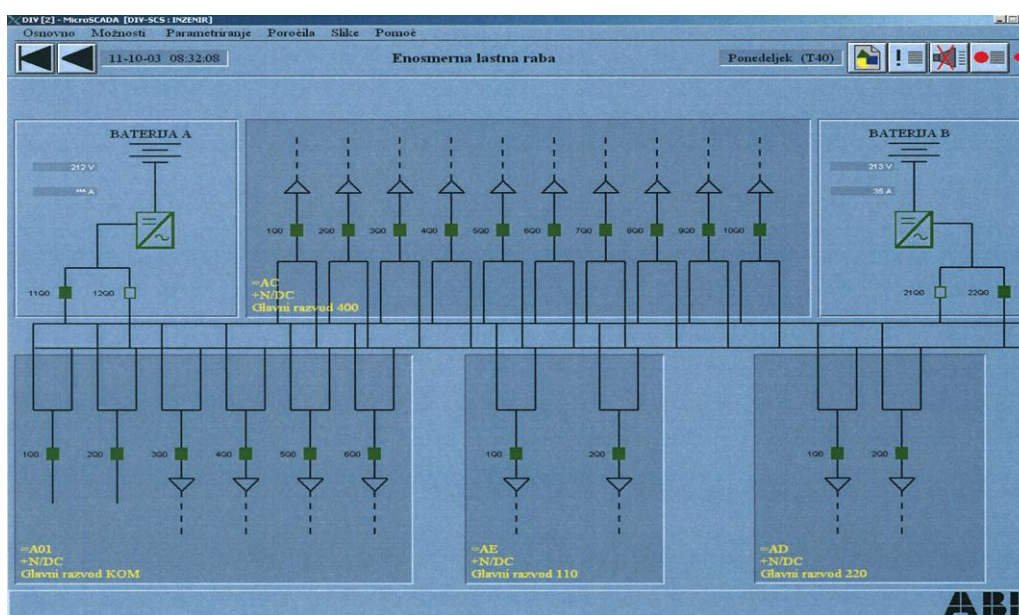
Z izbirnim stikalom določimo na katerem sistemu zbiralnic bodo v normalnem obratovalnem stanju priklučeni porabniki. S tem je doseženo, da sta istočasno v funkciji oba osnovna vira. Ob izpadu vira B ali napake na zbiralnici S2 se omare preklopov, ki so bile priklučene na zbiralnico S2 preklopijo na zbiralnico S1

stopenjsko (s časovnimi zamiki) in obratovanje je praktično nemoteno. Ko je ponovno prisotna napetost na zbiralnici S2 se avtomatsko stopenjsko vzpostavi prvotno stanje. Ob izpadu vira A ali napaki na zbiralnici S1 se preklopne omare iz zbiralnice S1 preklopijo na zbiralnico S2, kar pomeni, da je vsa poraba na viru B. Ker ta ni dimenzioniran za konično moč celotnega objekta je izvedena I. stopnja redukcije, kar pomeni izklop najmanj pomembnih porabnikov. Pri večji porabi pa deluje še II. stopnja redukcije. Ob izpadu vira A in vira B se zažene dizel električni agregat, ki v roku 10 sekund prevzame končno obremenitev 250 kVA (navidezna moč).

3.6.2 Sistem enosmerne lastne rabe DC (Direct Current)

Jedro LR-DC sestavljata dve ločeni enakovredni zbiralnici, ki potekajo po celotnem stikališču, od komandne zgradbe, preko 110 kV stikališča, 220 kV stikališča do 400 kV stikališča. Enosmerno lastno rabo, prikazano na sliki 4, sestavljata dve akumulatorski bateriji, ki sta nameščeni v posebnih prostorih za akumulatorje:

- akumulatorska baterija A 420 Ah 210 V locirana v komandni stavbi,
- akumulatorska baterija B 420 Ah 210 V locirana v relejni hišici 220 kV.



Slika 4: Enosmerna lastna raba (Delovna postaja, 2011)

V normalnem stanju sta akumulatorski bateriji ločeni preko močnostnih diod. Baterija A je običajno priključena na sistem zbiralnic 1, baterija B pa na sistem zbiralnic 2. Z odklopniki dovoda lahko spojimo zbiralnice za potrebe vzdrževanja. S preklopi tudi lahko izbiramo razna stikalna stanja in zagotavljamo izločitev določenega dela razvoda med samim obratovanjem, brez prekinitve napajanja, ker na odvode delujeta istočasno oba vira je povečana kratkostična moč, ki povečuje selektivnost delovanja zaščit. Paralelno z viroma A in B obratujeta usmernika 220 V 100 A, ki napajata DC porabo. Usmernika vzdržujeta bateriji v napolnjenem stanju. Ob izostanku AC napajanja pa se DC poraba napaja iz akumulatorskih baterij, ki zagotavljajo deset urno avtonomijo najpomembnejših naprav in porabnikov, ki vzpostavijo normalno obratovalno stanje ob popolnem razpadu elektroenergetskega omrežja. To omogočata dva presmernika, ki obratujeta paralelno preko elektronskega preklopnega stikala, ki omogoča tudi neprekinjeno paralelno obratovanje z AC mrežo v primerih servisiranja presmerniških modulov.

4 VGRADNJA PREČNEGA TRANSFORMATORJA

Vgradnja prečnega transformatorja je bila ena največjih investicij v slovenskem prenosnem omrežju v samostojni Sloveniji, vrednost investicije je znašala preko 50 milijonov evrov. O razsežnosti novogradnje govorijo naslednja dejstva:

- skupna masa prečnega transformatorja (dve enoti po 600 MVA) znaša okoli 1760 ton, od tega je 434 ton olja,
- površina platoja prečne transformacije, na kateri se nahajajo transformator in vsa pripadajoča polja z visokonapetostno opremo in opremo vodenja, zaščite in meritev ter napajanja, znaša preko 11.000 m²,
- prečna transformacija obsega pet 400 kV polj (pet odklopnikov),
- dobavljenih in nameščenih je bilo nekaj manj kot 212 ton jeklenih konstrukcij.

Prečni transformator ima trenutno največji kot fazne premaknitve na svetu in sicer $\pm 40^\circ$. Transport transformatorja na objekt je bil izveden po železnici do železniške postaje v Divači in naprej do razdelilno transformatorske postaje po lokalnih cestah. Za železnice je bil to najtežji transport v zgodovini južnega tira, saj je bila transportna masa transformatorja z vagonom slabih 546 ton, v transportni kompoziciji sta bila še dva spremljevalna vagona. Slika 5 prikazuje transport prečnega transformatorja po železnici. Pogodba za izdelavo vse investicijske in projektne dokumentacije je bila podpisana v začetku septembra 2008, dejansko pa so se priprave na projektiranje pričele že precej pred tem datumom. Dobavitelj prečnega transformatorja je napravo dobavil leto pred dogovorjenim terminom. Prečni transformator je bil v razdelilno transformatorsko postajo Divača na napetost prvič priključen 6. decembra 2010, v celoti pa je bil vključen v omrežje 15. decembra 2010, eno leto pred prvotno predvideno vključitvijo v omrežje (IBE, d.d., 2011).



Slika 5: Prečni transformator na vlaku (Arhiv, 2010)

4.1 Obseg gradnje prečnega transformatorja

Konzorcij gradbeno podjetje Marc, d.o.o. ter Elektroservisi, d.d. je z investitorjem Elektro-Slovenija, d.o.o. imel podpisano pogodbo za izvedbo del v RTP Divača. Pri tem je šlo za eno pomembnejših investicij v Slovenskem elektrogospodarstvu v letu 2010. Predmet pogodbe je bila izvedba gradbeno obrtniških del in jeklene konstrukcije za vgradnjo prečnega transformatorja. V prvi fazi je bila potrebna priprava temeljev, prikazana na sliki 6. Obseg gradnje pa je sestavljalo:

- gradnja dveh transformatorskih polj 400 kV,
- gradnja 400 kV obhodnega polja,
- gradnja polja za priključitev prečnega transformatorja na glavne zbiralnice v zveznem polju,
- gradnja polja za priključitev prečnega transformatorja na DV 400 kV Redipuglia,
- gradnja transformatorskih zbiralnic,

- gradnja relejne hišice dimenzij $9,6 \times 7,6$ m za opremo vodenja, zaščite, meritev in napajanja,
- gradnja novega ozemljilnega sistema,
- zamenjava dizel agregata, transformatorja lastne rabe in dogradnja razsmernika,
- vključitev sistema lastne rabe, vodenja, zaščite in meritev v obstoječe sisteme.



Slika 6: Gradbišče prečnega transformatorja (Arhiv, 2010)

4.2 Investicijska in projektna dokumentacija

IBE, d.d. je kot neodvisna inženirsko-svetovalna družba pri tej investiciji sodelovala z izdelavo projektne in investicijske dokumentacije ter s svetovalnimi storitvami investitorju. Od investicijske dokumentacije je bil izdelan dokument identifikacije investicijskega projekta, pred investicijska zasnova, investicijski program in razpisna dokumentacija. Projektna dokumentacija pa je obsegala idejni projekt, idejne zasnove, projekt za pridobitev gradbenega dovoljenja, projekt za izvedbo, obratovalna navodila in navodila za vzdrževanje ter projekt izvedenih del (IBE, d.d., 2011).

5 VKLJUČITEV PREČNEGA TRANSFORMATORJA V SISTEM EMS

Pri prečnem transformatorju je šlo za nov objekt, ki se je tekom same gradnje vključeval v sistem za vodenje EMS (Energy Management System). Uporabljena je bila nova primarna, sekundarna in komunikacijska oprema. Z izrazom sekundarna oprema so mišljene vse naprave, ki preko izvodov merilnih transformatorjev ščitijo, nadzorujejo, merijo primarno opremo in omogočajo krmiljenje primarne opreme preko naprav za posluževanje. Z izrazom komunikacijska oprema pa razumemo vse naprave, ki omogočajo povezavo med napravami na objektu in z oddaljenimi mesti. Osnova za parametriranje prečnega transformatorja v EMS je bila projektna dokumentacija, s katere je bilo razvidno število in imena zbiralnic, število in imena polj, imena stikalnih elementov in razpoložljive meritve. Iz ostale dokumentacije pa je bilo potrebno pridobiti še spiske signalov, obnašanje posameznega signala (pojavljanje v listah in proženje hupe) in podatke o sami napravi.

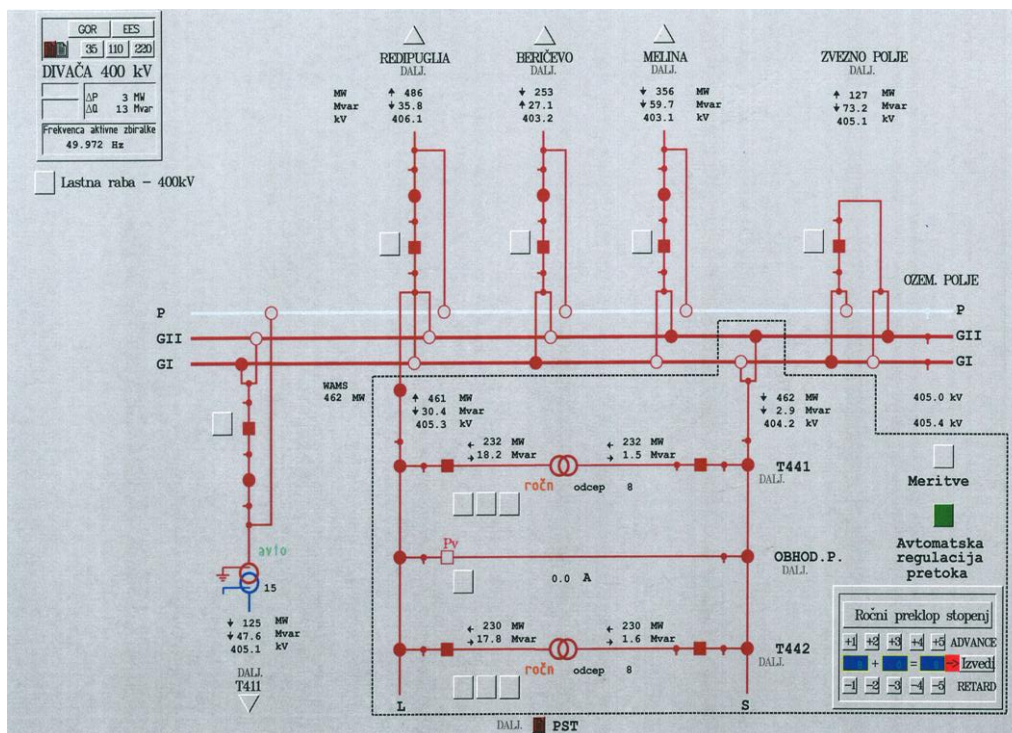
5.1 Grafična predstavitev prečnega transformatorja

Natančna grafična predstavitev objekta je pomembna za uspešno delovanje aplikacije SCADA (Supervisory Control And Data Acquisition), ki je namenjena nadzoru in krmiljenju tehnoloških procesov. Enopolna slika 400 kV stikališča in prečnega transformatorja se nahaja na segmentu (Worldmap) 400/220 in vsebuje naslednje prikaze:

- povezave primarnih naprav (zbiralke, ločilniki, odklopniki, transformatorji, merilna polja) in njihova stanja s pripadajočimi značkami,
- meritev in pripadajočih značk na daljnovodnih in transformatorskih poljih, na zbiralkah in na merilnih poljih,
- imen polj in pripadajočih značk in gumbov za prehod na sosednje objekte,
- postajnega okna za prikaz stanja komunikacije, sporočilnih list, gumbov za prehod med različnimi napetostnimi nivoji in bilance vozlišča.

Zaželeno je bilo, da je enopolna slika prečnega transformatorja čim bolj podobna enopolni shemi, ki je bila pridobljena s projektno dokumentacijo in ustreza

dejanskemu stanju stikališča na objektu. Slika 7 prikazuje procesno sliko 400 kV stikališča in prečnega transformatorja v RTP Divača (Vključevanje, 2011).



Slika 7: Procesna slika 400 kV stikališča in prečnega transformatorja (SCADA, 2011)

5.2 Testiranje

Po končanem parametriranju prečnega transformatorja je bilo potrebno preveriti sistem EMS, ki mora zadovoljevati vsem zahtevam operaterjev in drugih uporabnikov. Testiranje je zajemalo preverjanje parametriranja posameznega procesnega signala in funkcionalnost sistema EMS. Rezultate testiranja se je vnašalo v testno poročilo, ki je vsebovalo vse podrobnosti o posameznem signalu. Testno poročilo je bilo izdelano iz baze EMS in je sestavljeno iz naslednjih listov:

- naslovni list s imenom objekta in datumom testiranja,
- alarmi; testiranje funkcionalnosti alarmov,
- položaji; testiranje dvo-bitne signalizacije,

- komande; testiranje dvo-bitnih komand in set point komand,
- meritve; testiranje analognih meritev.

Ob zaključku testiranja je bila pripravljena in podpisana izjava o preizkušanju (priloga 2). Testno poročilo in izjavo o testiranju je bilo potrebno predložiti na strokovnem tehničnem pregledu prečnega transformatorja. Slika 8 prikazuje testiranje meritev transformatorskega polja AC14 in je del testnega poročila.

Spiski za informacije meritev - PST Divača

Stran 3/3

Naprava	Polje	Besedilo	IEC naslov	RET prikazovalnik	REC prikazovalnik	TAPCON prikazovalnik	Procesa slika	Opomba
RET1	AC14	Fazni kot - cos fi stran S	54703					Fazni kot - cos fi (SOURCE) N1 SKALIRANI / 1000
RET1	AC14	Delovna moč P stran L	54704					Delovna moč P (LOAD) 25.M.2010
RET1	AC14	Jalova moč Q stran L	54705					Jalova moč Q (LOAD) ↓
RET1	AC14	Fazni kot - cos fi stran L	54706					Fazni kot - cos fi (LOAD) N1 SKALIRANI / 1000
TAPCON	AC14	Stopnja reg. stikala	54306					Stopnja reg. stikala 1.F.M.2010
TAPCON	AC14	ARS	54310					se izbrisa
REC	AC14	Temperatura navija ST	54601					Temperatura navija ST 02.12.2010
REC	AC14	Temperatura olja ST	54602					Temperatura olja ST
REC	AC14	Hladilna enota 1 izstopna temp. ST	54603					Hladilna enota 1 izstopna temp. ST
REC	AC14	Hladilna enota 1 izstopna temp. ST	54604					Hladilna enota 1 izstopna temp. ST
REC	AC14	Hladilna enota 2 vstopna temp. ST	54605					Hladilna enota 2 vstopna temp. ST
REC	AC14	Hladilna enota 2 izstopna temp. ST	54606					Hladilna enota 2 izstopna temp. ST
REC	AC14	Temperatura navija VT	54607					Temperatura navija VT
REC	AC14	Temperatura olja VT	54608					Temperatura olja VT
REC	AC14	Hladilna enota 1 vstopna temp. VT	54609					Hladilna enota 1 vstopna temp. VT
REC	AC14	Hladilna enota 1 izstopna temp. VT	54610					Hladilna enota 1 izstopna temp. VT
REC	AC14	Hladilna enota 2 vstopna temp. VT	54611					Hladilna enota 2 vstopna temp. VT
REC	AC14	Hladilna enota 2 izstopna temp. VT	54612					Hladilna enota 2 izstopna temp. VT

TESTIRAL: EGON PELEC

Legenda: "N"== stestirana informacija

Osenčene celice in "O"== cilj ne obstaja

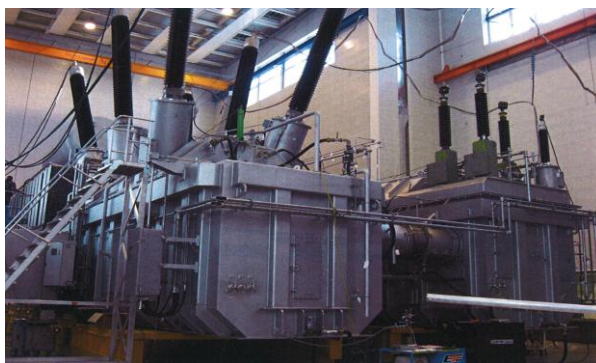
"X"== nestestirana informacija

Slika 8: Testiranje meritev AC14 (Arhiv, 2010)

6 PREČNI TRANSFORMATOR

Sistemski operaterji se po odprtju trgov z električno energijo soočajo z vedno pogostejšimi težavami in željami po prenosu cenene električne energije. Ker so v praksi poslovne metode za odpravljanje težav včasih težko uveljavljene, vse pogosteje posegajo po vgradnji prečnih transformatorjev, ki fizično omogočajo usmerjanje pretokov moči v EES (elektroenergetskih sistemih). Prečni transformatorji imajo poleg vpliva na pretoke moči tudi vpliv na dinamično obnašanje sistema. S svojo serijsko impedanco in injicirano napetostjo spremenijo karakteristiko omrežja (Gabrijel in Mihalič, 2005).

Slovensko 400 kV prenosno omrežje je zaradi svoje sorazmerne majhnosti v primerjavi s sosednjimi elektroenergetskimi sistemi in zaradi močne vpetosti v UCTE občutljivo na prevelike pretoke električne energije. Znano je, da je sosednja Italija velik uvoznik električne energije, 400 kV povezava Divača – Redipuglia pa je ena glavnih poti, preko katerih se pretakajo velike količine električne energije za pokrivanje porabe v Italiji. V bližnji preteklosti se je dogajalo, da so pretoki električne energije močno narasli preko dogovorjenih vrednosti, kar je ogrozilo stabilnost slovenskega 400 kV prenosnega omrežja. Razpad slovenskega omrežja v trenutkih prevelikih pretokov električne energije bi lahko povzročil tudi razpad prenosnega omrežja v širši okolici. Prevelike pretoke električne energije je možno omejiti, zato se je ELES odločil za vgradnjo prečnega transformatorja 400/400 kV v RTP Divača. S takšnim transformatorjem (slika 9) je možno učinkovito regulirati pretoke električne energije (IBE, d.d. , 2011).

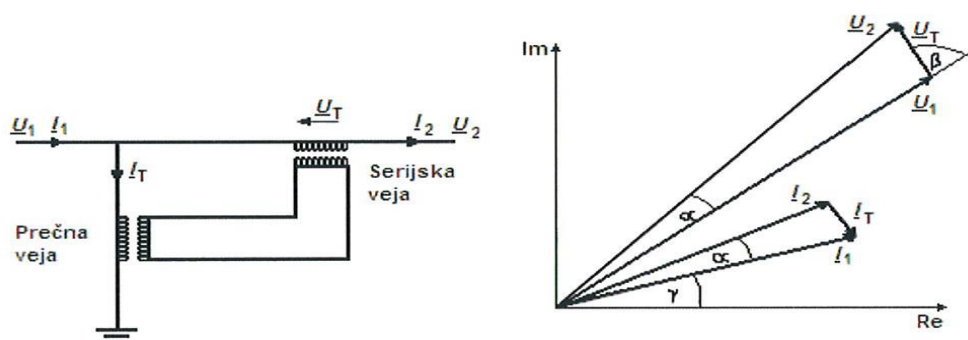


Slika 9: Prečni transformator (Arhiv, 2010)

6.1 Princip delovanja prečnega transformatorja

Prečni transformator ustvarja fazni premik med stranjo napajanja in stranjo porabe, oziroma fazni premik med vhodno in izhodno efektivno vrednostjo napetosti na primarni strani transformatorja. Na ta način lahko reguliramo in nadzorujemo pretok energije.

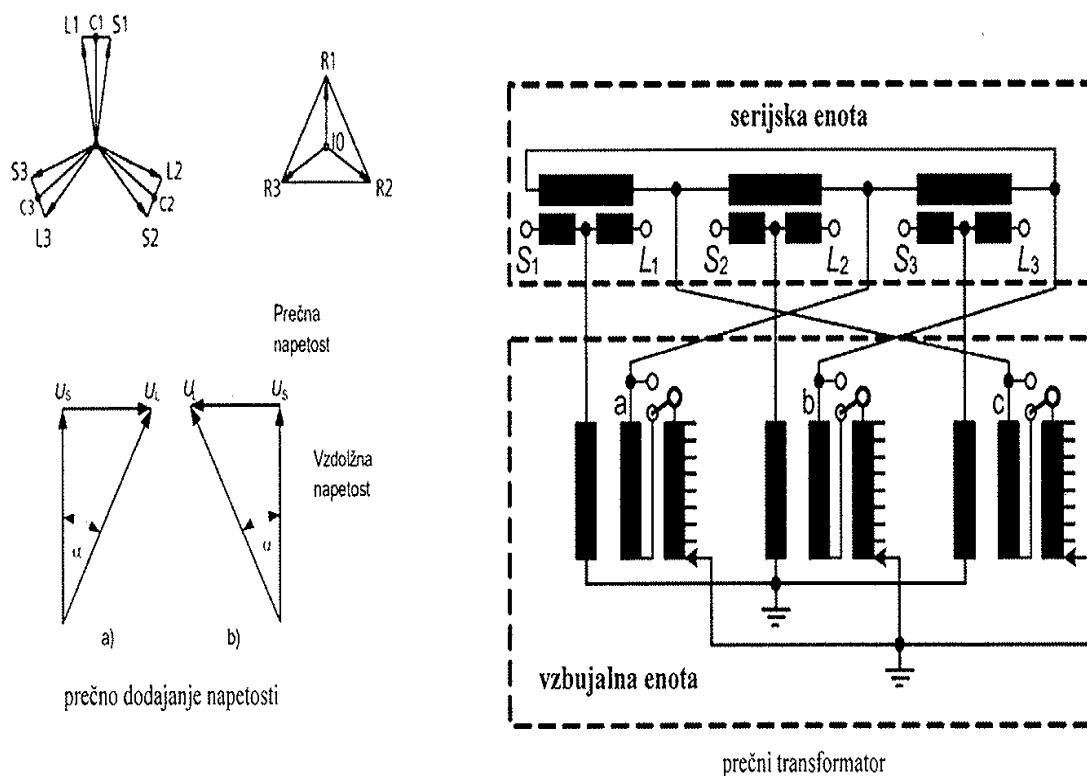
Osnovni princip delovanja prečnih transformatorjev lahko najlažje predstavimo kot injiciranje napetosti zaporedno v vod. Tako dosežemo fazni premik (na splošno tudi spremembo amplitude) fazorjev napetosti med vhodnimi in izhodnimi sponkami prečnega transformatorja. Pri klasičnih prečnih transformatorjih je fazni kot injicirane napetosti nasproti napetosti vhodnih sponk fiksni in odvisen od izvedbe naprave ali pa sta amplitudi vhodne in izhodne napetosti enaki. Glede na konstrukcijo je možnih več izvedb klasičnih prečnih transformatorjev. Oglejmo si shematično predstavitev izvedbe z dvojnim transformatorjem. Injiciranje napetosti dosežemo preko v vod serijsko vezanega transformatorja, ki predstavlja serijsko vejo prečnega transformatorja. Tok in napetost se torej premakneta za enak kot α . S klasičnim prečnim transformatorjem je mogoče uravnati prenosni kot sistema in tako vplivati na pretoke delovne moči v vodu z vključenim prečnim transformatorjem. Moč, ki jo na ta način dovajamo v omrežje preko serijske veje odjema prečna veja prečnega transformatorja prehodno iz omrežja. Tako v omrežju ustvari dodatni krožni pretok. Enofazni shematični prikaz in kazalčni diagram prečnega transformatorja podrobneje prikazuje slika 10 (Mihalič in Žunko, 2005).



Slika 10: Enofazni shematični prikaz in kazalčni diagram prečnega transformatorja (Mihalič in Žunko, 2005)

6.2 Električna shema vezave in osnovni tehnični podatki prečnega transformatorja

Vse oznake S (Source) pomenijo, da gre za meritve na strani prečnega transformatorja, ki so proti zbiralkam 400 kV – proti odklopniku Q01 ali Q02. Vse oznake L (Load) pomenijo, da gre za meritve na strani prečnega transformatorja, ki so proti daljnovodu 400 kV Redipuglia – proti odklopniku Q03. Električna shema vezave, kot tudi fazni diagram prečnega transformatorja sta prikazana na sliki 11.



Slika 11: Električna shema vezave in fazni diagram prečnega transformatorja (Pezdir, 2008).

Tehnične podatke prečnega transformatorja dobimo na napisni ploščici (priloga 3). Povzetek osnovnih tehničnih podatkov:

- proizvajalec SIEMENS,
- tovarna proizvajalca Siemens Transformers Austria Weiz,
- nazivna prehodna moč 1200 MVA,

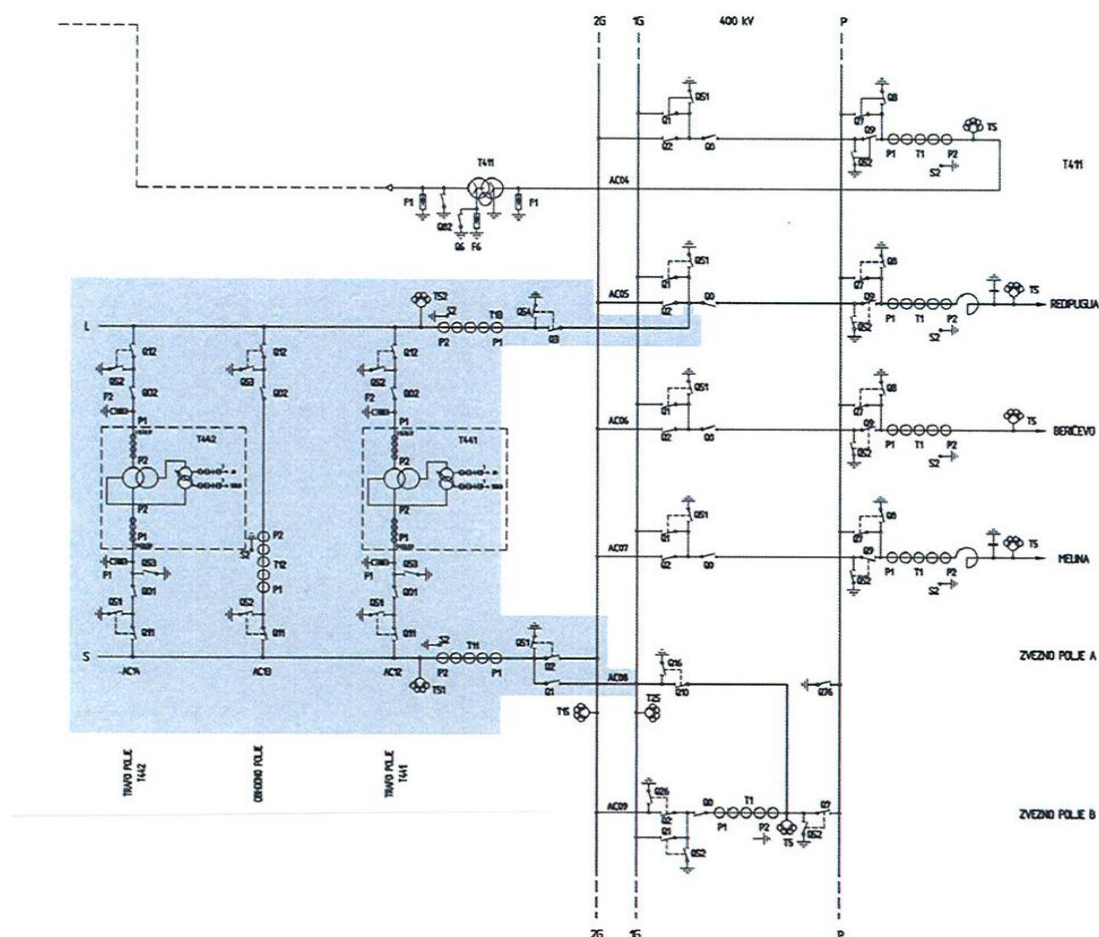
- nazivna napetost 400 kV,
- izvedba z dvema paralelnima enotama po 600 MVA,
- vsaka enota je sestavljena iz serijskega in vzbujalnega dela,
- fazni premik $\pm 40^\circ$,
- dimenzije enote s hladilnim sistemom 25×10 m,
- hlajenje ONAN/ONAF – 80 / 100 %,
- celotna masa obeh enot je 1800 ton,
- količina hladilnega olja je približno 400 ton,
- $U_k = 20,6 \%$,
- $X_0 = 49,23 \Omega$,
- $X_+ = 55 \Omega$, (pri 0°).

6.3 Sestava prečne transformacije

Transformacija s prečno regulacijo je sestavljena iz dveh enot po 600 MVA, skupne moči 1200 MVA. Transformacija ima tri polja, dve transformatorski (AC12 in AC14), ter obhodno polje (AC13), ki vključuje tudi priključitev transformacije na obstoječe zbiralnice. Obe transformatorski polji imata odklopnike na obeh straneh transformatorjev, medtem ko ima obhodno polje en odklopnik. Transformatorski polji in obhodno polje so na obeh straneh povezani skupaj. V obhodnem polju so nameščene garniture tokovnih merilnih transformatorjev. Napetostni merilni transformatorji so nameščeni samo v obhodnem polju na delu, ki se navezuje na obstoječe 400 kV stikališče. Transformacija s prečno regulacijo je v 400 kV sistem priključena na oba sistema glavnih zbiralnic 400 kV stikališča RTP Divača. Preko sistemskih ločilnikov je možno izbirati, na kateri sistem bo priključena transformacija 400/400 kV. Na drugi strani se transformacija vključuje neposredno v daljnovod 400 kV Redipuglia, točneje v točko pred odklopnikom predmetnega

daljnovidnega polja. S takšno priključitvijo je možna regulacija pretoka moči samo v daljnovodu 400 kV Redipuglia. Prečno transformacijo sestavljajo tri stikalna polja (slika 12) in sicer (Opis naprav, 2011):

- AC12; transformatorsko polje 400/400 kV T441,
- AC13; obhodno polje 400/400 kV s priključkom na daljnovod 400 kV Redipuglia in glavne zbiralnice 400 kV stikališča RTP Divača,
- transformatorsko polje 400/400 kV T442.



Slika 12: Sestava prečne transformacije (Pezdir, 2008).

6.3.1 Transformatorski polji AC12 in AC14

Transformatorski polji služita za priključitev prečnih transformatorjev na transformatorske zbiralnice. Opis velja za obe polji, saj sta si popolnoma identični z izjemo prečnih transformatorjev, ki sta zrcalno simetrična.

Enota prečnega transformatorja 400/400 kV, 600 MVA, je kot osnovni in najpomembnejši element transformatorskega polja ter tudi na splošno prečne transformacije, nameščena v transformatorskem polju centralno. Oba kotla prečnega transformatorja sta povezana v enoto, poleg aktivnega dela pa se nahajajo še hladilniki za hlajenje olja transformatorja ter konzervator. Povezave med visokonapetostnimi aparati so izvedene tako, da je koridor za transport prečnih transformatorjev brez višinskih omejitev.

V posameznem transformatorskem polju sta nameščena po dva tripolna 400 kV odklopnika in dva tripolna 400 kV ločilnika s prigrajenimi ozemljitvenimi ločilniki. Odklopnik je tipa SF₆ z elektromotornim pogonom. Tripolna ločilnika sta zaradi manjših dimenzij tipa horizontalni pol-pantograf z enopolnim elektromotornim pogonom. Visokonapetostne povezave so izvedene s snopom AlFe 2×490/65 mm². Merilnih transformatorjev kot samostojnih visokonapetostnih aparatov v teh poljih ni, so pa za potrebe zaščite transformatorjev tokovni merilni transformatorji vgrajeni v sam prečni transformator. Znotraj odklopnikov, na strani prečnih transformatorjev je nameščen še tripolni ozemljilni nož za vidno ozemljitev vodnikov med obema odklopnikoma. Neposredno pred transformatorjema so na obeh straneh prečnega transformatorja nameščeni po trije prenapetostni odvodniki. Pod transformatorskimi zbiralnicami je v posameznem transformatorskem polju nameščen še po en podporni izolator v najdaljši zvezi od ločilnika do zbiralnic (Opis naprav, 2011).

TR polji obsegajo naslednjo VN opremo:

- dva sistema zbiralnic v vrhni izvedbi z dvema vodnikoma na fazo, preseka 490/65 mm²,
- dva tripolna horizontalna pol-pantograf ločilnika Q11, Q12, proizvodnje AREVA, tip SPOT 420 kV, 3150 A, 40 kA-1s, s stremi prigrajenimi elektromotornimi pogoni tip CMM800 U_{pog.} 400V AC, U_{km.} 220 V DC in

prigradenimi ozemljilniki Q51, Q52, 420 kV, 40 kA-1s, s tremi motornimi pogoni tip CMM 800 $U_{\text{pog.}} 400\text{V AC}$, $U_{\text{krm.}} 220\text{V DC}$,

- ozemljilnik Q53, proizvodnje AREVA, tip STB, 420 kV, 3150 A, s prigradenim elektromotornim pogonom tip, CMM 800 $U_{\text{pog.}} 400\text{V AC}$, $U_{\text{krm.}} 220\text{V DC}$,
- dva tropolna odklopnika Q01, Q02, proizvodnje AREVA, tip GL316, 420 kV, 50 kA-3s, $I_n 3150\text{A}$, s tripolnim elektromotorno-vzmetnim pogonom tip FK3-4, $U_{\text{pog.}} 230\text{V AC}$, $U_{\text{krm.}} 220\text{V DC}$; delovni tlak plina SF_6 je 0,75 Mpa,
- šest prenapetostnih odvodnikov F5 (fazni), proizvodnje ABB tip PEXLIM P330-XH420, s prigradenim števcem delovanj in indikacijo odvodnega toka.

Krmiljenje

Ločilke Q11, Q12 in Q51, Q52, odklopnika Q01, Q02, ter ozemljilnik Q53 je možno krmiliti iz štirih nivojev:

- neposredno s pogonske omarice,
- iz panela v omari vodenja-brez blokad ali lokalno,
- postajno,
- daljinsko.

Zapahovalni pogoji

Ločilnik Q11 vklop ali izklop:

- odklopnik Q01 izklopljen in
- ozemljilniki TR polja Q51, Q52 in Q53 izklopljeni in
- ozemljilnik zbiralk S Q51 izklopljen.

Ločilnik Q12 vklop ali izklop:

- odklopnik Q02 izklopljen in

- ozemljilniki TR polja Q51, Q52 in Q53 izklopljeni in
- ozemljilnik zbiralk L Q54 izklopljen.

Ozemljilniki transformatorskega polja Q51, Q52 in Q53 vklop ali izklop:

- ločilnika Q11 in Q12 izklopljena.

Odklopnik Q01 vklop:

- ločilnik Q11 izklopljen ali
- druga stran PST izključena (Q12 izključen) in
- fazna sinhronost regulacijskega stikala in
- ločilnik Q11 ni v vmesnem položaju ali
- regulacijska stopnja med -5 in +5 ali obhodno polje AC13 izključeno (Q11 ali Q12 izključen) in
- druga enota PST v isti stopnji ali druga enota PST izključena (Q11 ali Q12 izključen) in
- ločilnik Q3 izklopljen ali ločilnika Q1 in Q2 v DV polju Redipuglia oba izklopljena in
- fazna sinhronost regulacijskega stikala in
- ločilnik Q11 ni v vmesnem položaju.

Odklopnik Q02 vklop:

- ločilnik Q12 izklopljen ali
- druga stran PST izključena (Q11 izključen) in
- fazna sinhronost regulacijskega stikala in
- ločilnik Q12 ni v vmesnem položaju ali

- regulacijska stopnja med -5 in +5 ali obhodno polje AC13 izključeno (Q11 ali Q12 izključen) in
- druga enota PST v isti stopnji ali druga enota PST izključena (Q11 ali Q12 izključen) in
- ločilnik Q3 izklopljen ali ločilnika Q1 in Q2 v DV polju Redipuglia oba izklopljena in
- fazna sinhronost regulacijskega stikala in
- ločilnik Q12 ni v vmesnem položaju.

6.3.2 Obhodno polje AC13

Obhodno polje prečne transformacije je namenjeno by-pass delovanju ob vključevanju prečne transformacije v daljnovod Redipuglia in ob prehodu iz obratovanja prečne transformacije. Obhodno polje se nahaja na platoju prečne transformacije na sredini med obema 400/400 kV transformatorskima poljema AC12 in AC14.

V polju AC13 se nahajajo dva 400 kV tripolna ločilnika s prigrajenim ozemljilnim ločilnikom, tripolni 400 kV odklopnik in komplet tokovnih transformatorjev. Odklopnik je tipa SF₆ z elektromotornim pogonom. Tripolna ločilnika sta zaradi manjših dimenzij tipa horizontalni pol-pantograf z enopolnim elektromotornim pogonom. Transformatorsko olje se uporablja kot izolacijsko sredstvo tokovnih transformatorjev. Za potrebe povezave od odklopnika do drugega ločilnika je v polju nad visokonapetostnimi aparati nameščena vzdolžna zveza med portaloma višine 18 m. Visokonapetostne povezave so izvedene s snopom AlFe 3×490/65 mm².

Opremo za priključitev prečne transformacije na daljnovod 400 kV Redipuglia sestavljajo eden tripolni ločilnik 400 kV s prigrajenimi ozemljilnimi noži in komplet merilnih transformatorjev (napetostni in tokovni), ki se nahaja na platoju prečne transformacije pod portalom, preko katerega se polje AC13 priključuje na 400 kV daljnovodno polje Redipuglia .

Priključitev transformacije s prečno regulacijo na obstoječe 400 kV stikališče je izvedeno z dvema tripolnima 400 kV ločilnikoma s tripolnim elektromotornim pogonom, od katerih je enemu prigraden ozemljilni ločilnik. Ker sta oba ločilnika nameščena pod obstoječimi 400 kV glavnimi zbiralnicami, sta ločilnika enaka kot obstoječi sistemski ločilniki, torej dvokolonski z enim prekinjevalnim mestom (center-break). Napetostni merilni transformatorji so induktivnega tipa. Zaradi poenotenja opreme v elektroenergetskem sistemu merilni transformatorji uporabljajo transformatorsko olje kot izolacijsko sredstvo. Vse povezave med VN aparati so izvedene s snopom vodnikov AlFe 3×490/65 mm² (Opis naprav, 2011).

Obhodno in priključni polji obsegajo naslednjo VN opremo:

- trije sistemi zbiralnic; obhodno polje AC13, L (load) priključno polje v AC05 Redipuglia , S (source) priključno polje v AC08/09 zvezno polje, v vrhni izvedbi s tremi vodniki na fazo, preseka 490/65 mm²,
- dva tripolna horizontalna pol-pantografska ločilnika Q11 in Q12, proizvodnje AREVA, tip SPOT 420 kV, 3150 A, 40 kA-1s, s stremi prigradenimi elektromotornimi pogoni tip CMM800 $U_{pog.}$ 400V AC, $U_{krm.}$ 220 V DC in prigradenimi ozemljilniki Q52, Q53, Q54, 420 kV, 40 kA-1s, s tremi motornimi pogoni tip CMM 800 $U_{pog.}$ 400 V AC, $U_{krm.}$ 220 V DC,
- ločilnik Q2 proizvodnje AREVA, tip S2DAT 420 kV, 3150 A, s prigradenim elektromotornim pogonom tip CS612 $U_{pog.}$ 400 V AC, $U_{krm.}$ 220 V DC in prigradenim ozemljilnikom Q51, 420 kV, 40 kA z elektromotornim pogonom tip CS612 $U_{pog.}$ 400 V AC, $U_{krm.}$ 220 V DC,
- ločilnik Q1 proizvodnje AREVA, tip S2DAT 420 kV, 3150 A, s prigradenim elektromotornim pogonom tip CS612 $U_{pog.}$ 400 V AC, $U_{krm.}$ 220 V DC,
- tropolni odklopnik Q02 proizvodnje AREVA, tip GL316, 420 kV, 50 kA-3s, In 3150 A, s tripolnim elektromotorno-vzmetnim pogonom tip FK3-4, $U_{pog.}$ 230 V AC, $U_{krm.}$ 220 V DC; delovni tlak plina SF₆ je 0,75 Mpa,
- devet tokovnih instrumentnih transformatorjev T11, T12, T13, proizvodnje KONČAR tip AGU-420, 5 jedrni, 3000/1/1/1/1 A (1-5), z močjo 1./ 5 VA,

2./10 VA, 3,4,5./30 VA, in razreda 1. in 2. jedro/0,25Fs10 in 3,4,5. jedro/5P30,

- šest napetostnih instrumentnih transformatorjev T51, T52, proizvodnje KONČAR, tip VPU-420, 4 navitja, z močjo 1./10, 2./15, 3./30, 4./30 VA in razreda 1./0,2, 2./0,2, 3.05/3P, 4.05/3P.

Krmiljenje

Ločilke Q11, Q12 in Q51, Q52, odklopnika Q01, Q02, ter ozemljilnik Q53 je možno krmiliti iz štirih nivojev:

- neposredno s pogonske omarice,
- iz panela v omari vodenja-brez blokad ali lokalno,
- postajno,
- daljinsko.

Zapahovalni pogoji

Ločilnik Q11 vklop ali izklop:

- odklopnik Q02 izklopljen in
- ozemljilnika obhodnega polja Q52 in Q53 izklopljena in
- ozemljilnik zbiralk S Q51 izklopljen.

Ločilnik Q12 vklop ali izklop:

- odklopnik Q02 izklopljen in
- ozemljilnika obhodnega polja Q52 in Q53 izklopljena in
- ozemljilnik zbiralk L Q54 izklopljen.

Ozemljilnika obhodnega polja Q52 in Q53 vklop ali izklop:

- ločilnika Q11 in Q12 izklopljena.

Ozemljilnik zbiralnic S Q51 vklop ali izklop:

- ločilnik Q11 izklopljen in
- ločilnik Q11 v TR polju AC12 izklopljen in
- ločilnik Q11 v TR polju AC14 izklopljen in
- sistemska ločilnika Q1 in Q2 izklopljena in
- odsotnost napetosti na zbiralki S (manjša od 40% v vsaki fazi) in
- zaščitni avtomat merilne napetosti zbiralke S vklopljen.

Sistemska ločilnik Q1 vklop ali izklop:

- sistemska ločilnik Q2 izklopljen in
- ločilnik Q11 izklopljen in
- ločilnik Q11 v TR polju AC12 izklopljen in
- ločilnik Q11 v TR polju AC14 izklopljen in
- ozemljilnik zbiralnice S Q51 izklopljen in
- ozemljilnik glavnih zbiralk Q16 izklopljen ali
- sistemska ločilnik Q2 vklopljen in
- zvezno polje glavnih zbiralk vključeno (Q10, Q0 in Q2 vklopljeni).

Sistemska ločilnik Q2 vklop ali izklop:

- sistemska ločilnik Q1 izklopljen in
- ločilnik Q12 izklopljen in

- ločilnik Q12 v TR polju AC12 izklopljen in
- ločilnik Q12 v TR polju AC14 izklopljen in
- ozemljilnik zbiralnice S Q54 izklopljen in
- ozemljilnik glavnih zbiralk Q26 izklopljen ali
- sistemski ločilnik Q1 vklopljen in
- zvezno polje glavnih zbiralk vključeno (Q10, Q0 in Q2 vklopljeni).

Sistemski ločilnik Q3 vklop ali izklop:

- ločilnik Q12 izklopljen in
- ločilnik Q12 v TR polju AC12 izklopljen in
- ločilnik Q12 v TR polju AC14 izklopljen in
- ozemljilnik zbiralnice S Q54 izklopljen in
- ozemljilnika Q51 in Q52 v DV Redipuglia izklopljena in
- sistemski ločilnik Q1 ali Q2 v DV Redipuglia izklopljen in
- obhodni ločilnik Q7 v DV Redipuglia izklopljen.

Odklopnik Q02 vklop:

- ločilnik Q11 ali Q12 izklopljen ali
- sistemski ločilnik Q3 ni v vmesnem položaju in
- regulacijska stopnja T441 med -5 in +5 ali TR polje AC12 izključeno (Q11 ali Q12 izključena) in
- regulacijska stopnja T442 med -5 in +5 ali TR polje AC14 izključeno (Q11 ali Q12 izključena) in

- (Q1 vklopljen in Q2 izklopljen in Q2 v DV Redipuglia izklopljen) ali (Q2 vklopljen in Q1 izklopljen in Q1 v DV Redipuglia izklopljen).

Odklopnik Q02 izklop:

- ločilnik Q11 ali Q12 izklopljen ali
- sistemski ločilnik Q3 izklopljen ali
- sistemska ločilnika Q1 in Q2 izklopljena ali
- sistemska ločilnika Q1 in Q2 v DV Redipuglia nista v vmesnem položaju.

6.3.3 Relejna hišica

Relejna hišica je namenjena namestitvi naprav za vodenje, zaščito in meritve za vsa polja, ki pripadajo prečni transformaciji. Poleg vodenja in zaščite je v relejni hišici nameščena še oprema razvoda lastne rabe za napajanje naprav prečne transformacije.

V relejno hišico so nameščene omare z napravami za vodenje, zaščito in meritve standardnih dimenzij 0,8 m × 0,8 m, ter omare razdelilnikov lastne rabe širine 0,8 m in skupne dolžine 6,4 m. Omare sistema vodenja, zaščite in meritev so nameščene v dveh vrstah tako, da je možno do vseh omar dostopati s prednje in zadnje strani. Omare z razdelilniki lastne rabe so nameščene ob krajši steni, zato je do njih možno dostopati samo s prednje strani. Relejna hišica ima dimenzije 7,6 m × 9,6 m (zunanje dimenzije brez upoštevanja napušča). Opremljena je s vsemi potrebnimi električnimi inštalacijami. Omare s sekundarno opremo so nameščene na jeklenih podstavkih prilagojenih za namestitev v prostoru z dvojnimi podom (Opis naprav, 2011).

7 OBRATOVALNA STANJA PREČNEGA TRANSFORMATORJA

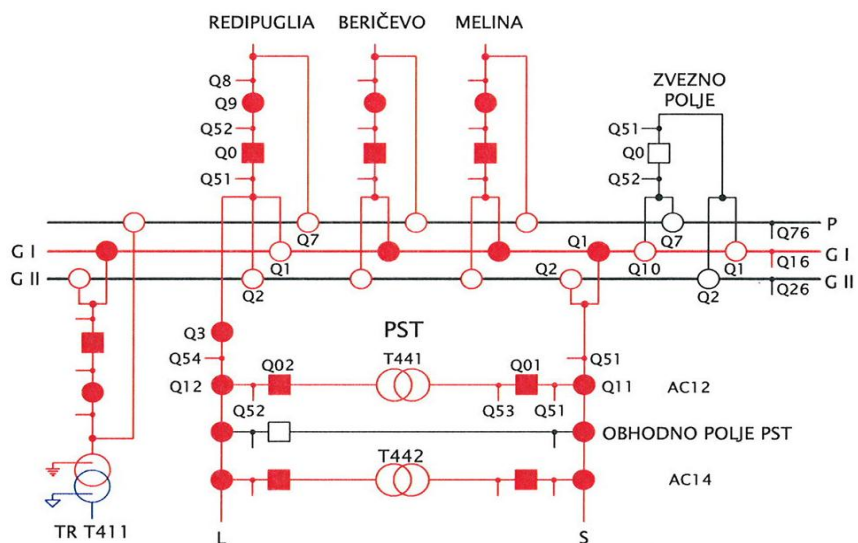
Cilj vodenja EES (elektroenergetskega sistema) v realnem času je zagotavljanje optimalnega in varnega obratovanja EES, visoke stopnje zanesljivosti dobave električne energije porabnikom ter preprečevanje poškodb na elementih omrežja. Vodenje 400 kV stikališča PST (prečnega transformatorja) v RTP (razdelilno transformatorski postaji) Divača, je v pristojnosti operaterjev RCV (republiškega centra vodenja) in OCV (območnega centra vodenja) Nova Gorica. Krmiljenje poteka:

- daljinsko iz OCV Nova Gorica,
- lokalno v RTP Divača (za potrebe vzdrževalnih del).

V nadaljevanju so opisani postopki vodenja obratovanja PST, s poudarkom na izvajanju stikalnih manipulacij.

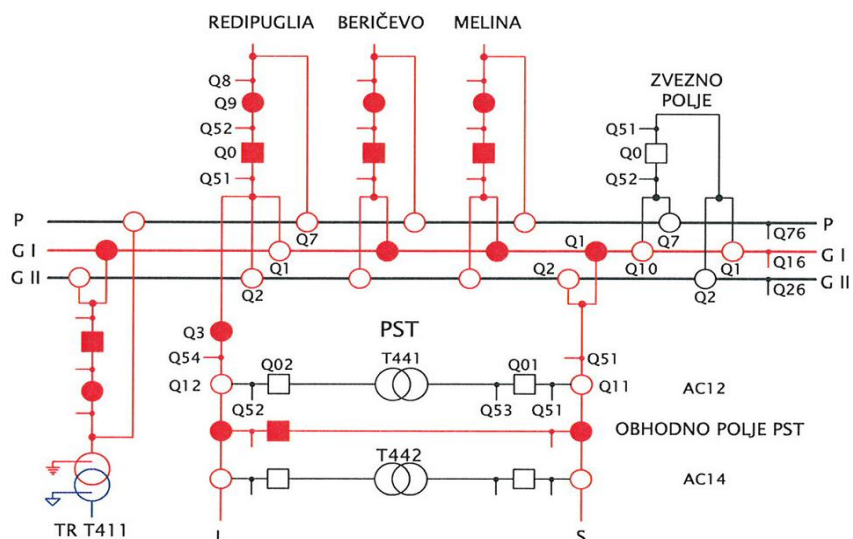
7.1 Normalno obratovalno stanje

V normalnem obratovalnem stanju (slika 13) je DV (daljnovod) 400 kV Divača-Redipuglia vklopljen preko PST. Zbiralke 400 kV PST (S in L) so pod napetostjo, transformatorja T441 in T442 sta vklopljena in obhodno polje PST 400 kV je izklopljeno. Ločilniki Q1, Q2, Q7 v matičnem DV polju 400 kV Redipuglia so izklopljeni. Zbiralke PST 400 kV so opremljene z zaščito zbiralk s funkcijo zaščite pri zatajitvi odklopnika. V primeru delovanja zaščite zbiralk ali zaščite pri zatajitvi odklopnika PST, bodo izpadli odklopniki vseh polj, ki so priključeni na okvarjeni sistem zbiralk (S ali/in L). Zbiralke 400 kV GI in GII v RTP Divača še niso opremljene z zaščito zbiralk, zato bo morebitni defekt ob zatajitvi odklopnika v primeru delovanja zaščite izločen z delovanjem osnovnih zaščit v sosednjih stikališčih. To pomeni izpad napetosti na zbiralkah 400 kV v RTP Divača. Stikališče 400 kV PST sestavljata sistema zbiralk S in L (NA K 7.5.1.587, 2010).



Slika 13: Normalno obratovalno stanje 400 kV stikališča PST ob vklopljenem PST (NA K 7.5.1.156, 2010).

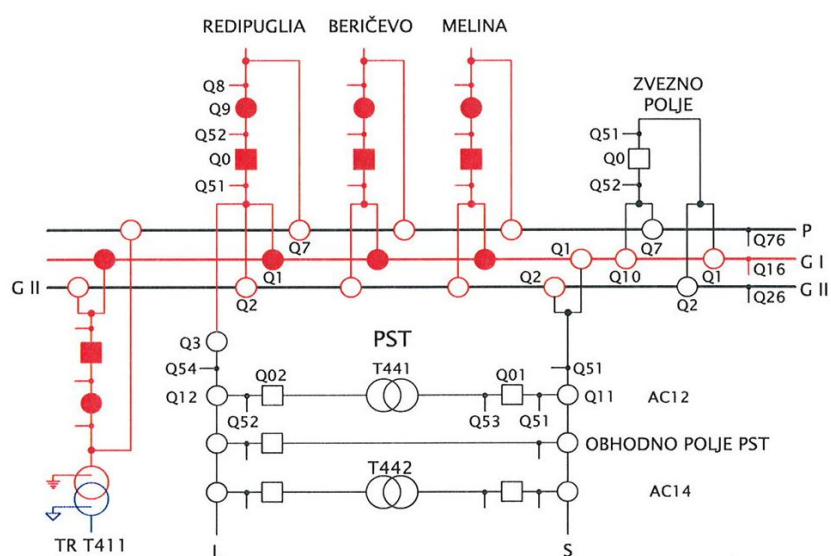
Ko je PST normalno izklopljen (slika 14), DV 400 kV Redipuglia obratuje preko zbiralk 400 kV PST ob vklopljenem obhodnem polju PST, transformatorja T441 in T442 sta izklopljena. Ločilniki Q1, Q2 in Q7 v matičnem DV polju Redipuglia so izklopljeni.



Slika 14: Normalno obratovalno stanje 400 kV stikališča PST ob izklopljenem PST (NA K 7.5.1.156, 2010).

7.2 Izredno obratovalno stanje

V primeru blokade odklopnika v stikališču 400 kV PST Divača je potrebno okvarjeni odklopnik izločiti iz obratovanja z vzpostavitvijo obratovanja DV 400 kV Redipuglia direktno preko matičnega polja in izključiti PST do odprave defekta. Za potrebe del na PST, oziroma zbiralkah L in S je stikališče 400 kV PST v brez napetostnem stanju. DV 400 kV Divača-Redipuglia je priključen na zbiralke 400 kV preko matičnega polja. Na sliki 15 je prikazano izredno obratovalno stanje 400 kV stikališča PST v RTP Divača.



Slika 15: Izredno obratovalno stanje 400 kV stikališča PST (NA K 7.5.1.156, 2010).

8 VODENJE IN KRMILJENJE 400 KV STIKALIŠČA PST

Vodenje 400 kV stikališča je v pristojnosti operaterjev RCV (republiški center vodenja) in OCV (območni center vodenja) Nova Gorica. Za izklop PST je potrebno pridobiti pisno soglasje operaterja RCV preko operaterja OCV Nova Gorica.

Krmiljenje poteka:

- daljinsko iz OCV Nova Gorica z izjemo krmiljenja odceпов PST v normalnem stanju,
- lokalno v RTP Divača pa izredno za potrebe vzdrževalnih del in če ni možno krmiljenje iz OCV Nova Gorica.

Krmiljenje odceпов PST se v normalnem obratovanju izvaja avtomatsko prek aplikacije v EMS. Operater RCV prek EMS nastavi režim krmiljenja (AUTO/ROČNO) in v režimu AUTO želeni pretok na meji SLO-ITA. Ročno krmiljenje se izvaja daljinsko iz OCV Nova Gorica prek grafičnega vmesnika na EMS ali lokalno iz nižjih nivojev krmiljenja. Operater OCV Nova Gorica krmili odcepe PST po nalogu operaterja RCV, praviloma ob stikalnih manipulacijah na PST in ob večjih spremembah odcepa PST.

8.1 Krmiljenje naprav v stikališču 400 kV PST

Daljinsko krmiljenje (daljinsko spreminjanje stanja naprav) iz OCV Nova Gorica izvaja operater OCV Nova Gorica, krmiljenje odceпов PST v normalnem obratovalnem stanju izvaja operater RCV.

Lokalno krmiljenje (lokalno spreminjanje stanja naprav) izvaja odgovorna oseba za RTP Divača, ki je pooblaščen za izvajanje lokalnega krmiljenja. Preklop celotnega 400 kV stikališča PST ali posameznega 400 kV polja na lokalno krmiljenje se izvede v naslednjih primerih:

- če je lokalno krmiljenje potrebno zaradi izvajanja vzdrževalnih del. V tem primeru odgovorna oseba za RTP Divača telefonsko zaprosi operaterja OCV Nova Gorica za dovoljenje za prevzem 400 kV stikališča PST ali

posameznega polja v lokalno krmiljenje in ga nato izvede na osnovi ustnega soglasja operaterja,

- če izpade daljinski nadzor in/ali možnost krmiljenja iz OCV Nova Gorica ali so predvidena dela na informacijskem sistemu, ki bi to lahko povzročila. V tem primeru operater OCV Nova Gorica odgovorno osebo za RTP Divača telefonsko zaprosi, da prevzame 400 kV stikališče PST v lokalno krmiljenje,
- če operater OCV Nova Gorica ugotovi, da ni možen daljinski nadzor in/ali krmiljenje iz OCV Nova Gorica zaradi napake na procesnem sistemu vodenja (EMS), o tem obvesti odgovorno osebo Službe za procesni sistem vodenja.

V normalnem obratovalnem stanju je krmiljenje naprav v stikališču 400 kV PST prikazano v tabeli 1. Pri izrednem obratovalnem stanju, ko pride do odpovedi daljinskega krmiljenja ali pri vzdrževalnih delih pa je krmiljenje naprav prikazano v tabeli 2.

Tabela 1: Krmiljenje naprav v stikališču 400 kV PST – normalno (NA K 7.5.1.156, 2010).

	TR T441	TR T442	Obhodno polje	PST polje AC13
DALJINSKO (OCV Nova Gorica)	Q01, Q02, Q11, Q12	Q01, Q02, Q11, Q12	Q02, Q11, Q12	Q1, Q2, Q3, Q51, Q54

Tabela 2: Krmiljenje naprav v stikališču 400 kV PST – izredno (NA K 7.5.1.156, 2010).

	TR T441	TR T442	Obhodno polje	PST polje AC13
POSTAJNO (komandni prostor)	Q01, Q02, Q11, Q12, Q51, Q52, Q53	Q01, Q02, Q11, Q12, Q51, Q52, Q53	Q02, Q11, Q12, Q52, Q53	Q1, Q2, Q3, Q51, Q54
LOKALNO relejna hišica PST (postajni računalnik)	Q01, Q02, Q11, Q12, Q51, Q52, Q53	Q01, Q02, Q11, Q12, Q51, Q52, Q53	Q02, Q11, Q12, Q52, Q53	Q1, Q2, Q3, Q51, Q54
LOKALNO relejna hišica PST (računalnik polja)	Q01, Q02, Q11, Q12, Q51, Q52, Q53	Q01, Q02, Q11, Q12, Q51, Q52, Q53	Q02, Q11, Q12, Q52, Q53	Q1, Q2, Q3, Q51, Q54
LOKALNO relejna hišica PST (računalnik polja PDLK)	Q01, Q02, Q11, Q12, Q51, Q52, Q53	Q01, Q02, Q11, Q12, Q51, Q52, Q53	Q02, Q11, Q12, Q52, Q53	Q1, Q2, Q3, Q51, Q54
LOKALNO na napravi	Q01, Q02, Q11, Q12, Q51, Q52, Q53	Q01, Q02, Q11, Q12, Q51, Q52, Q53	Q02, Q11, Q12, Q52, Q53	Q1, Q2, Q3, Q51, Q54

8.2 Izklop PST

Odgovorna oseba za planiranje izklopa iz CVZ (center vzdrževanja) Divača pošlje depešo za izklop PST operaterju OCV Nova Gorica. V depeši je obvezna navedba obsega del in koordinatorja del ali osebe, ki prevzame njegove funkcije v primeru, če poteka delo samo na enem delovišču.

Operater OCV Nova Gorica posreduje depešo operaterju RCV.

Operater RCV z depešo obvesti operaterja OCV Nova Gorica o odobritvi ali zavrnitvi izklopa.

Operater OCV Nova Gorica o odobritvi ali zavrnitvi izklopa z depešo obvesti CVZ Divača.

Pred vklopom ali izklopom obhodnega polja je potrebno nastaviti odcep PST na izhodiščni položaj, na regulacijsko stopnjo 0.

8.2.1 Izklop ene od obeh enot

Operater RCV opravi analizo pretokov moči in preveri možnost delovanja le ene od obeh enot. Na podlagi analize se odloči za ustrezen odcep na enoti, ki bo ostala v obratovanju. O nameravanem izklopu in predvideni nastavitvi odcepa delujoče enote PST obvesti operaterja NCC (National Control Centre) Roma. V aplikaciji EMS preklopi režim krmiljenja iz »AUTO« na »ROČNO«. Izvede spremembo odcepa v izhodiščni položaj. Od operaterja OCV Nova Gorica zahteva izklop.

Operater OCV Nova Gorica začasno prevzame PST v krmiljenje. Preveri izpolnjenost pogojev in izklopi ter vidno loči enoto (izklopi Q01, Q02, Q11 in Q12). Čas izklopa posreduje operaterju RCV. Koordinatorju del z fonogramom preda informacijo o vklopnem stanju EEN.

Operater RCV prevzame PST v krmiljenje. Čas izklopa enote in predvideno nastavitev odcepa delujoče enote posreduje operaterju NCC Roma. Izvede spremembo odcepa PST. V aplikaciji EMS preklopi režim krmiljenja iz »ROČNO« v »AUTO«.

8.2.2 Izklop obeh enot

Operater RCV opravi analizo pretokov moči in razmer po izklopu obeh enot PST. Po potrebi izvede ukrepe za zagotavljanje kriterija n-1 po izklopu PST. O nameravanem izklopu obvesti operaterja NCC Roma. V aplikaciji EMS preklopi režim krmiljenja iz »AUTO« na »ROČNO«. Izvede spremembo odcepa v izhodiščni položaj. Od operaterja OCV Nova Gorica zahteva izklop PST.

Operater OCV Nova Gorica začasno prevzame PST v krmiljenje. Preveri izpolnjenost pogojev, vklopi obhodno polje PST (vklop Q02) in izklopi ter vidno loči obe enoti (izklopi Q01, Q02, Q11 in Q12).

Operater RCV čas izklopa PST posreduje operaterju NCC Roma.

Čas od vklopa obhodne povezave do izklopa PST enot mora biti čim krajši. Ob veliki verjetnosti udara strele v katerikoli 400 kV DV, ki poteka iz RTP Divača se obhodna povezava ne vklaplja.

8.3 Vklop PST

Koordinator del s fonogramom obvesti operaterja OCV Nova Gorica, da so vsa dela končana in da so EEN (elektroenergetske naprave) pripravljene za vklop.

Operater OCV Nova Gorica zaprosi operaterja RCV za soglasje k vklopu stikališča in PST.

Operater RCV na podlagi analize pretokov moči in razmer po vklopu izda soglasje operaterju OCV Nova Gorica za vklop stikališča in PST.

Operater OCV Nova Gorica priklopi sistem zbiralk L in S na napetost (vklop Q1 ali Q2 in Q3). Vklopi obhodno polje PST (vklopi Q11, Q12 in Q02). Loči DV 400 kV Divača-Redipuglia od zbiralk 400 kV (izklopi Q1 ali Q2). Skladno z zahtevo operaterja RCV smiselno nadaljuje postopek vklopa PST (postopki so opisani v točkah 5.3.1, 5.3.2 in 5.3.3).

Pred vklopom ali izklopom obhodnega polja je potrebno nastaviti odcep PST na izhodiščni položaj, na regulacijsko stopnjo 0. Pri vklapljanju PST je pomembno, da

pridemo na regulacijsko stopnjo 0 na obeh enotah iz iste smeri (+ ali -), da bi dosegli pogoje paralelnega obratovanja obeh enot.

8.3.1 Vklop prve enote pri obremenjenem DV

Koordinator del s fonogramom obvesti operaterja OCV Nova Gorica, da so vsa dela končana in da so elektroenergetske naprave pripravljene za obratovanje.

Operater OCV Nova Gorica zaprosi operaterja RCV za soglasje k vklopu ene enote PST.

Operater RCV pripravi analizo pretokov moči in razmer po vklopu ene od obeh enot PST. Pretok na DV 400 kV Divača-Redipuglia pred vklopom ene enote ne sme presegati 720 MVA. Na podlagi analize se odloči za ustrezen odcep na enoti po vklopu. O nameravanem vklopu in predvideni nastavitvi odcepa po vklopu obvesti operaterja NCC Roma. Od operaterja OCV Nova Gorica zahteva vklop enote.

Operater OCV Nova Gorica nastavi odcep na enoti PST na izhodiščni položaj. Preveri izpolnjenost pogojev in vklopi enoto PST (vklopi Q11, Q12, Q01 in Q02). Izklopi obhodno polje PST (izklopi Q02). Čas vklopa posreduje operaterju RCV.

Operater RCV prevzame PST v krmiljenje. Čas vklopa prve enote in predvideno nastavitev odcepa sporoči operaterju NCC Roma. Izvede spremembo odcepa PST. Preklopi režim krmiljenja z »ROČNO« na »AUTO«.

Čas od vklopa obhodne povezave do izklopa PST enot mora biti čim krajši. Ob veliki verjetnosti udara strele v katerikoli 400 kV DV, ki poteka iz RTP Divača se obhodna povezava ne vklaplja.

8.3.2 Vklop druge enote pri obremenjenem DV

Koordinator del s fonogramom obvesti operaterja OCV Nova Gorica, da so dela na enoti PST končana in da je pripravljen za obratovanje.

Operater OCV Nova Gorica zaprosi operaterja RCV za soglasje k vklopu druge enote PST.

Operater RCV opravi analizo pretokov moči in razmer po vklopu druge enote PST. Na podlagi analize se odloči za ustrezen odcep PST po vklopu druge enote. O nameravanem vklopu in predvideni nastavitvi odcepa po njenem vklopu obvesti operaterja NCC Roma. Preklopi režim krmiljenja z »AUTO« na »ROČNO«. Od operaterja OCV Nova Gorica zahteva vklop druge enote.

Operater OCV Nova Gorica začasno prevzame PST v krmiljenje. Nastavi odcep na drugi enoti na enak položaj, kot ga ima prva enota, ki je že v obratovanju. Preveri izpolnjenost pogojev in vklopi drugo enoto (vklopi Q11, Q12, Q01 in Q02). Čas vklopa posreduje operaterju RCV.

Operater RCV čas vklopa druge enote in predvideno nastavitve odcepa na PST posreduje operaterju NCC Roma. Izvede spremembo odcepa PST. Preklopi režim krmiljenja z »ROČNO« na »AUTO«

8.3.3 Vklp obeh enot istočasno pri obremenjenem DV

Koordinator del s fonogramom obvesti operaterja OCV Nova Gorica, da so dela na PST končana in da je pripravljen za obratovanje.

Operater OCV Nova Gorica zaprosi operaterja RCV za soglasje k vklopu PST.

Operater RCV opravi analizo pretokov moči in razmer po vklopu PST. Pretok na DV 400 kV Divača-Redipuglia pred vklopom PST ne sme presežati 1440 MVA. Na podlagi analize se odloči za ustrezen odcep na PST po vklopu. O nameravanem vklopu in predvideni nastavitvi odcepa obvesti operaterja NCC Roma. Od operaterja OCV Nova Gorica zahteva vklop obeh enot istočasno.

Operater OCV Nova Gorica nastavi odcep na obeh enotah na izhodišni položaj. Preveri izpolnjenost pogojev in vklopi obe enoti (vklopi Q11, Q12, Q01 in Q02). Izklopi obhodno polje PST (izklopi Q02). Čas vklopa PST posreduje operaterju RCV.

Operater RCV čas vklopa PST in predvideno nastavitve odcepa posreduje operaterju republiškega centra vodenja NCC (National Control Centre) Roma. Izvede spremembo odcepa PST. Preklopi režim krmiljenja z »ROČNO« na »AUTO«.

Čas od vklopa obhodne povezave do izklopa PST enot mora biti čim krajši. Ob veliki verjetnosti udara strele v katerikoli 400 kV DV, ki poteka iz RTP Divača se obhodna povezava ne vklaplja.

8.3.4 Vklon PST pri izklopljenem DV 400 kV Divača-Redipuglia

PST se vklopi pred napovedanim vklopom DV 400 kV Divača-Redipuglia z namenom zniževanja faznega kota med RTP Divača in RTP Redipuglia (preverjanje sinhronizma) in omejitve fizičnih pretokov.

Operater RCV opravi analizo pretokov moči in preveri razmere po vklopu DV 400 kV Divača-Redipuglia, pri čemer predpostavi da je PST izklopljen, oziroma v izhodiščnem položaju. Glede na rezultate analize se odloči za ustrezen odcep PST, pri katerem bo napetostni kot med RTP Divača in RTP Redipuglia v mejah, ko naprave za preverjanje sinhronizma dovoljujejo vklop (med 0° in 40°). O nameravem vklopu obvesti operaterja NCC Roma. Preklopi režim krmiljenja z »AUTO« na »ROČNO«. Od operaterja OCV Nova Gorica zahteva vklop PST.

Operater OCV Nova Gorica se prepriča, da je obhodno polje PST izklopljeno (Q02 izklopljen). Prepriča se, da sta ločilnika Q1 in Q2 v DV polju Redipuglia izklopljena. Vkloni ločilnika Q1 ali Q2 in Q3 v polju PST. Prepriča se, da je odcep na obeh enotah v enakem položaju. Vkloni obe enoti PST (vkloni Q11, Q12, Q01 in Q02). Nastavi odcep na PST na ustrezen položaj skladno z zahtevo operaterja RCV. Čas vklopa PST posreduje operaterju RCV.

Operater RCV čas vklopa PST in trenutno nastavitvev odcepa posreduje operaterju NCC Roma. Nadaljuje s postopkom za vklop DV 400 kV Divača-Redipuglia. (Ločilnika Q1 in Q2 v matičnem polju Redipuglia ostaneta izklopljena). Po izvedenem vklopu DV 400 kV Divača-Redipuglia preklopi režim z »ROČNO« na »AUTO«.

8.4 Izpad PST

Izpad PST pomeni izklop Q01 in Q02 zaradi delovanja zaščit. Izpad obeh enot pomeni enostransko prekinitev povezave DV 400 kV Divača-Redipuglia na 400 kV v RTP Divača.

Zbiralke PST 400 kV trenutno še niso opremljene z zaščito zbiralk in s funkcijo zaščite pri zatajitvi odklopnika. V primeru delovanja zaščite zbiralk ali zaščite pri zatajitvi odklopnika PST, bodo izpadli odklopniki vseh polj, ki so priključeni na okvarjeni sistem zbiralk (S ali/in L).

Zbiralke 400 kV GI in GII v RTP Divača še niso opremljene z zaščito zbiralk, zato bo morebitni defekt ob zatajitvi odklopnika v primeru delovanja zaščite izločen z delovanjem osnovnih zaščit v sosednjih stikališčih. To pomeni izpad napetosti na zbiralkah 400 kV v RTP Divača.

8.4.1 Izpad PST po preobremenitvi

Operater OCV Nova Gorica v sodelovanju z operaterjem RCV izvede ukrepe za znižanje obremenitve. Izklopi Q0 v odvodnem polju 400 kV Redipuglia . Nadaljuje z vklopom PST skladno s predpisanimi postopki.

8.4.2 Izpad PST po delovanju ostalih zaščit

V kolikor je bil vzrok izpada delovanje ostalih zaščit in je PST v okvari se ga skladno s postopki preda v vzdrževanje.

Operater OCV Nova Gorica o izpadu obvesti operaterja RCV in pridobi soglasje za izklop Q0 v matičnem polju DV 400 kV Redipuglia . Izklopi Q0 v odvodnem polju 400 kV Redipuglia . Smiselno nadaljuje s izklopom stikališča 400 kV PST. Obvesti odgovorno osebo za RTP Divača in od nje zahteva pregled naprav. O izpadu obvesti odgovorno osebo službe za sekundarne sisteme. V soglasju z operaterjem RCV vklopi DV 400 kV Redipuglia v matičnem DV polju.

8.4.3 Izpad stikališča 400 kV v RTP Divača

Če je zaradi delovanja zaščite zbiralk 400 kV PST ostala RTP Divača brez napetosti 400 kV sledi:

Operater OCV Nova Gorica o izpadu obvesti operaterja RCV in pridobi soglasje za izklop Q0 v vseh DV poljih in obojestranski izklop transformatorja T411. Izklopi Q0 v vseh DV poljih in obojestransko izklopi transformator T441. DV 400 kV Beričevo, Melina in transformator T411 z ločilniki preklopi na glavni sistem zbiralk 400 kV, ki pred dogodkom ni bil v obratovanju. V sodelovanju z operaterjem RCV z vklopom DV 400 kV Beričevo-Divača vzpostavi napetost 400 kV na sistemu zbiralk v RTP Divača. Vklupi še DV 400 kV Divača-Melina in transformator T411. Izklopi ločilnik Q9 v odvodnem polju Redipuglia . DV 400 kV Divača-Redipuglia vklupi preko pomožnih zbiralk in zveznega polja 400 kV. Obvesti odgovorno osebo za RTP Divača in zahteva pregled stikališča 400 kV PST.

Odgovorna oseba za RTP Divača opravi pregled stikališča 400 kV PST in o ugotovljenem obvesti operaterja OCV Nova Gorica. V primeru ugotovljenega defekta prevzame objekt v lokalno krmiljenje in po nalogu operaterja OCV Nova Gorica izklopi ter vidno loči vse EEN v stikališču 400 kV PST, vključno s sistemskimi ločilniki Q1 ali Q2 in Q3. Obvesti operaterja OCV Nova Gorica o izvršenih manipulacijah in preklopi krmiljenje objekta na daljinsko iz OCV Nova Gorica.

Operater OCV Nova Gorica ozemlji sistema L in S zbiralk 400 kV PST (vklupi Q51 in Q54). S fonogramom preda koordinatorju del stanje naprav v stikališču 400 kV PST (NA K 7.5.1.156, 2010).

9 SISTEM VODENJA

Sistem za vodenje postaje ABB (Asea Brown Boveri) SCS (Substation Control System) je zasnovan kot porazdeljen sistem. To pomeni, da so v vsakem polju nameščeni terminali vodenja in zaščite. V komandni sobi sta nameščena komunikacijska računalnika za zajem in prikaz podatkov iz stikališča in omogočata redundantno povezavo. V komandni sobi in v relejni hiški sta nameščena postajna računalnika z namenom daljinskega dostopa do poljubnega komunikacijskega računalnika. Vse komponente so med seboj povezane z optičnim LAN (Local Area Network) vodilom IEC61850, katerega centralna točka je optično vozlišče - mrežno stikalo RS2100. Sistem je zasnovan tako, da deluje kot celota, vendar ob izpadu ali okvari posameznega gradnika izpadejo le funkcije, ki so neposredno vezane nanj (Sistem vodenja, 2011).

9.1 Računalnik polja

Vse funkcije nadzora in vodenja na nivoju polja zagotavlja računalnik polja REC670. Z vhodno/izhodnimi moduli zajema binarne informacije, meri analogne veličine in izdaja komande. Signalni in krmilni tokokrogi ter sekundarni tokovi in napetosti iz merilnih transformatorjev so nanj priključeni neposredno. Z ostalimi računalniki polja komunicira po LAN vodilu in tako dobi informacije (rezervacije, zapahovanja in preverjanja sinhronizma), ki so potrebne za stikalne manipulacije. Po istem vodilu računalnik polja tudi pošilja procesne informacije nadrejenemu sistemu vodenja ter od njih sprejema komande. Računalnik polja prilagodimo za funkcije, potrebne v določenem polju z aplikacijskim programom, ki ga sestavimo s programskim orodjem PCM600. Gre za grafično programiranje, kjer standardne tipsko preizkušene funkcijske bloke povežemo z medsebojnimi povezavami. Tako izdelan program nato z istim orodjem prevedemo in naložimo v računalnik polja preko LAN (računalniško vodilo) vmesnika na sprednji strani. REC670 ima na zadnji strani priključne sponke za priklop signalnih, komandnih, komunikacijskih in merilnih tokokrogov ter pomožnega napajanja. Na sprednji strani je LCD prikazovalnik s funkcijskimi tipkami, kontrolne LED diode in diode za signalizacijo poljubnih alarmov (Sistem vodenja, 2011).

9.2 Delovni postaji in komunikacijski server

SCADA serverja sta nameščena v komandni stavbi. Poleg serverjev SYS600_1 in SYS600_2 je v komandni stavbi nameščena tudi delovna postaja (slika 16) z omrežnim imenom DIVAČA10. Druga delovna postaja z omrežnim imenom DIVAČA20 je nameščena v relejni hiški. Preko teh dveh delovnih postaj se daljinsko dostopa do SCADA serverjev. Funkcija komunikacijskega računalnika je zajem podatkov in posredovanje podatkov za prikaz in daljinski nadzor 400 kV stikališča na delovnih postajah. Na obeh delovnih postajah lahko tako odpremo okna s procesnimi slikami za postajni nadzor in krmiljenje. Vse slike se navezujejo na aplikacijo, ki teče na komunikacijskem računalniku. Domena aplikacije na komunikacijskem računalniku služi za daljinski nadzor in krmiljenje in poteka po protokolu IEC870-5-104 (Sistem vodenja, 2011).



Slika 16: Delovna postaja (Arhiv, 2010)

Zgradba delovne postaje

Delovno postajo v komandni stavbi RTP Divača sestavljajo:

- DVD+/-RW,
- trdi disk 320 GB,
- procesor Intel I5 3,2 GHz,
- RAM delovni pomnilnik 2 GB DDR3,
- ethernet mrežna kartica Intel 82578,

- vmesniki 10×USB, 2×PS2, RJ-45, Display port in VGA,
- miška,
- tipkovnica,
- Samsung 22" LCD monitor,
- operacijski sistem Windows XP.

Zgradba komunikacijskega računalnika

Vsi sistemi delujejo na enaki PC (Personal Computer) strojni opremi brez vrtljivih delov z operacijskim sistemom Windows XP z naslednjimi karakteristikami:

- CPU Core 2 duo 2,2 GHz,
- RAM delovni pomnilnik 2 GB DDR2,
- redundantno napajanje,
- flash disk 16 GB,
- 3×PCI sloti
- 16×RS232 serijski port,
- 6×GB ethernet mrežni RJ45 priključkov,
- 4×USB,
- miška,
- tipkovnica,
- 17" LCD monitor.

9.3 Optično vozlišče

Optično vozlišče mrežno stikalo RS2100 je centralna točka LAN optičnega vodila. Z optiko namreč brez električne skupne točke ni mogoče sestaviti vodila z zvezdasto obliko. Ker je ta element zelo pomemben za zanesljivost sistema, saj njegov izpad pomeni prekinitev komunikacije med vsemi gradniki sistema, je izdelan s čim manj zapletenimi elektronskimi sklopi, brez računalniških gradnikov in s podvojenim napajanjem. Na prednji strani so optični priključki za priklop optičnih kablov iz terminalov v poljih in nadzornih računalnikov ter pomožnega napajanja. Prisotnost napajalne napetosti signalizirata dve zeleni LED diodi (Sistem vodenja, 2011).

10 ZAKONSKA PODLAGA O VARNOSTI IN ZDRAVJU PRI DELU

Delodajalec je dolžan zagotoviti varnost in zdravje delavcev. V ta namen mora delodajalec izvajati ukrepe, potrebne za zagotovitev varnosti in zdravja delavcev, vključno s preprečevanjem nevarnosti pri delu, obveščanjem in usposabljanjem delavcev, z ustrezno organiziranostjo ter potrebnimi materialnimi sredstvi. Pri izvajanju ukrepov upošteva naslednja načela:

- izogibanje tveganjem,
- ocenjevanje tveganj, ki se jim ni mogoče izogniti,
- obvladovanje tveganj pri njihovem viru,
- prilagajanje dela posamezniku z ustreznim oblikovanjem delovnega mesta in delovnega okolja, izbiro delovne opreme ter delovnih in proizvodjalnih metod,
- prilagajanje tehničnemu napredku,
- nadomeščanje nevarnega z nenevarnim ali manj nevarnim,
- razvijanje celovite varnostne politike, ki vključuje tehnologijo, organizacijo dela, delovne pogoje, medčloveške odnose ter dejavnike delovnega okolja,
- dajanje prednosti kolektivnim varnostnim ukrepom pred individualnimi,
- dajanje ustreznih navodil in obvestil delavcem.

Delavec mora spoštovati in izvajati ukrepe za zagotavljanje varnosti in zdravja pri delu tako, da opravlja delo s tolikšno pazljivostjo, da s tem varuje svoje življenje in zdravje ter življenje in zdravje drugih oseb. Delavec ima pravico do dela in delovnega okolja, ki mu zagotavlja varnost in zdravje pri delu. Delovni proces mora biti prilagojen telesnim in duševnim zmožnostim delavca. Delovno okolje in sredstva za delo pa morajo glede na naravo dela zagotavljati delavcu varnost in ne smejo ogrozati njegovega zdravja. Vsak delodajalec mora tudi obvezno izdelati in sprejeti izjavo o varnosti v pisni obliki. Izjava o varnosti temelji na ugotovitvi možnih vrst

nevarnosti in škodljivosti na delovnem mestu in v delovnem okolju ter oceni tveganja za nastanek poškodb in zdravstvenih okvar (Zakon, 2011).

10.1 Varstvena pravila za delo na elektroenergetskih objektih

Varstvena pravila za delo na elektroenergetskih objektih določajo ukrepe varstva pri delu pred nevarnostjo električnega toka pri uporabi delovnih sredstev. Ti ukrepi se uporabljajo pri delih na elektroenergetskih objektih in elektroenergetskih postrojih, električnih napravah, električni opremi in električnih inštalacijah ter pri njihovi uporabi. Ukrepi se morajo uporabljati pri proizvodnji, distribuciji in uporabi električne energije ter pri projektiranju, izdelavi in uporabi sredstev za delo. Potrebno je poudariti, da pravilnik o varstvu pri delu pred nevarnostjo električnega toka določa dostop v električna obratovališča in opravljanje, oziroma vodenje del na elektroenergetskih objektih, postrojih, napravah in opremi. Z namenom zagotavljanja varnosti je bila uvedena razdelitev objektov na nevarnostna območja. Te se ločijo glede na stopnjo nevarnosti električnega toka v tri nevarnostna območja.

- **I. Nevarno območje:** Je območje prostega gibanja v katerem niso potrebna posebna opozorila delavcev in niso izvedeni posebni varstveni ukrepi. Sem spadajo prostori in kraji v katerih oseba z neustreznim postopkom ne more povzročiti izpada ali izklopa postroja niti, če pride z orodjem ali dolgimi predmeti v bližino delov pod napetostjo.
- **II. Nevarno območje:** Je območje posluževanja in kontrole. Za drugo nevarno območje je značilno, da je za zadrževanje in delo v tem območju nujna strokovna usposobljenost in poznavanje nevarnosti, da ne pride do nezaželenih dogodkov; nehoten dotik delov postrojev pod nizko napetostjo, nehoten izklop ali vklop delov postroja zaradi dotikanja elementov za proženje postroja, nedopustno približevanje delom postroja pod napetostjo nad 1 kV z dolgimi predmeti in orodjem. V drugem nevarnem območju je dovoljeno gibanje tistim delavcem, ki opravljajo v njem določena dela oziroma naloge. Za ostale delavce je potrebno oceniti, glede na stopnjo nevarnosti in njihovo usposobljenost iz varstva pri delu, v katerem primeru je potrebno spremstvo, nadzor in uporaba ustreznih varstvenih ukrepov.

- **III. Nevarno območje:** Je območje okoli delov pod napetostjo na razdalji, ki je manjša od varnostne razdalje. Varnostna razdalja je najmanjša dovoljena razdalja med deli pod napetostjo in katerikoli delom telesa delavca oziroma neizoliranega orodja ali opreme, ki jo delavec uporablja. Za nazivno napetost 400 kV znaša varnostna razdalja 3.300 mm. Vstop v tretje nevarno območje je dovoljen samo v brez napetostnem stanju in to delavcem, ki: opravljajo zavarovanje mesta dela, izvajajo dela po zavarovanju mesta dela, izvajajo notranji in zunanji nadzor. V tem območju je gibanje in delo posebej urejeno z dokumenti za varno delo. Glede na določila zakona o varnosti in zdravju pri delu pa je delodajalec dolžan v internih navodilih za varno delo pod napetostjo pri določanju varnostne razdalje upoštevati tudi jakost elektromagnetnega polja, ki mu je delavec izpostavljen (Pravilnik, 1992).

10.2 Dokumenti za varno delo na PST

Za vsa dela na PST in PST poljih so potrebni določeni dokumenti, ki so osnova za varno delo in uspešno vzdrževanje. Pri vseh delih je potrebno upoštevati tudi pet varnostnih pravil po naslednjem vrstnem redu:

- izklopiti in vidno ločiti naprave pred napetostjo z vseh strani,
- preprečiti ponovno vklopitev naprav,
- ugotoviti brez napetostno stanje,
- izvršiti ozemljitev in kratkostično povezavo naprav,
- ograditi mesto dela od delov, ki so pod napetostjo.

Delovni program; izdaja se za vse vrste del, pri katerih sodeluje več delovnih skupin. V delovnem programu določimo koordinatorja del, izvajalce, čas in opis del, potrebne stikalne manipulacije, odgovorne osebe, varstvene ukrepe in posebna določila. Delovni program mora vsebovati podpise odgovornih oseb za sestavo in pregled ter odobritev programa in ne predstavlja samostojnega dokumenta za varno organizacijo dela, zato mu morajo obvezno slediti delovni nalogi.

Delovni nalog; izdaja se za vse vrste del, ki jih izvaja ena delovna skupina in vsebuje ime podjetja, opis del, čas izvajanja del, odgovorno osebo, pooblaščen osebno za izvedbo stikalnih manipulacij, vodjo del in dodatne ukrepe. Izdati ga je potrebno; v pisni obliki z določenim obrazcem, ustno (če obstaja možnost snemanja govora), preko govornih telekomunikacijskih zvez z vpisovanjem in preverjanjem teksta. Delovni nalog mora biti podan tako, da je izvajalcu naloge razumljivo, kje in kaj mora opraviti in katera opravila vsebuje.

Dovoljenje za delo; izdaja se samo za delo v brez napetostnem stanju v III. nevarnostnem območju ali za delo v bližini delov, ki so pod napetostjo. Je pisni dokument, ki je potreben za varno delo na elektroenergetskih napravah v normalnih in izrednih razmerah. Izdaja ga odgovorna oseba za zagotovitev brez napetostnega stanja ali koordinator stikalnih manipulacij. Dovoljenje za delo prejme vodja del pred začetkom dela. Izda se na dva načina; pisno z določenim obrazcem ali preko govornih telekomunikacijskih zvez ob vpisovanju podatkov v določene obrazce in preverjanju teksta.

Obvestilo o prenehanju dela; izda ga vodja del – vodja delovne skupine po končanem delu ali prekinitvi dela potem, ko se je prepričal, da so se vsi delavci odstranili iz nevarne bližine postrojev. Vodja del mora delovišče pustiti v takšnem stanju kot ga je prejel, odstraniti mora mobilne ozemljitve, naprave za kratkostično povezavo, orodje in material. Obvestilo o prenehanju dela se izdaja na enak način kot se izdaja dovoljenje za delo.

Depeša; uporablja se za dajanje kratkih in pomembnih obvestil, zahtevkov in odobritev obratovalnega značaja. Depeše se lahko prenašajo preko zvez z vpisom teksta v knjigo depeš. Poleg vsebine mora depeša vsebovati še številko depeše, ime osebe katera depešo oddaja in osebe katera depešo sprejema ter datum in uro (Pravilnik, 1992).

11 EKONOMSKA UPRAVIČENOST VGRADNJE PST

Prečni transformator je bil v elektroenergetsko omrežje prvič vključen 15. decembra 2010 (priloga 4). Bistveni pozitivni učinki vgradnje regulacijskega transformatorja na meji z Italijo so:

- omogočanje enostavnega in poceni vzdrževanja pretoka moči v dopustnih mejah obratovanja UCTE omrežja in s tem zagotavljanje nemotene preskrbe domačih porabnikov električne energije,
- zniževanje sedanjih obratovalnih stroškov, ki se izražajo predvsem v povišanih izgubah prenosnega omrežja in stroškov prerazporejanja proizvodnje doma, v Italiji in na Balkanu,
- omogoča enostaven in poceni ponovni vklop izpadlih daljnovodov, saj se prevelik vklopni kot lahko zelo učinkovito zniža,
- omogoča zagotavljanje maksimalne tržne prepustnosti našega prenosnega omrežja na meji s Italijo,
- prečni transformator ima velik vpliv tudi na sosednja prenosna omrežja, saj lahko s usklajenim delovanjem v mnogih primerih optimizirajo obratovanje prenosnega omrežja celotne regije (Italija, Švica, Avstrija, Hrvaška in del Francije).

Ekonomski učinki vgradnje prečnega transformatorja v razdelilno transformatorski postaji Divača so večplastni, od neposrednega znižanja obratovalnih stroškov, preko ogromnih potencialnih stroškov po možnih razpadih omrežja, do možnosti povečanja trženja prenosnih kapacitet omrežja. Slabosti vgradnje prečnega transformatorja so njegove izgube, ki pa so mnogo manjše od zmanjšanja izgub v celotnem prenosnem omrežju. Vgradnja prečnega transformatorja take moči in regulacijskega obsega je draga investicija, ki pa ima visoko stopnjo donosnosti. Zgolj vsak od naštetih ekonomskih učinkov že povsem opravičuje njegovo nabavo. Delovanje prečnega transformatorja je popolnoma izpolnilo pričakovanja, saj je transformator v tem obdobju deloval stabilno, brez večjih težav in izpadov. Projekt je svojo pravo komercialno vrednost pridobil decembra lani, saj nam je zaradi vgrajenega

transformatorja in pomočjo Evropske unije uspelo povečati čezmejne prenosne zmogljivosti, ki jih lahko ponudimo trgovcem z električno energijo pri prenosu v Italijo. V zagotavljanje teh dodatnih zmogljivosti je bilo vložena veliko truda, tudi posredovanje pri evropski komisiji. S povečanjem zmogljivosti se je strošek naložbe porazdelil med trgovce z električno energijo in bo povrnjen v naslednjih petih letih. Povečanje čezmejne zmogljivosti na italijanski meji je razvidno iz slike 17 (Strategija razvoja EES, 2007).

	POGODBE		POGODBE 2011
	2010 GWh	2011 GWh	POG. 2010 %
1. ITALIJA	2.036,3	2.956,5	45,2
2. AVSTRIJA	2.284,1	2.056,7	-10,0
3. IZVOZ HEP (50% NEK)	2.237,0	2.227,3	-0,4
4. OSTALI IZVOZ ^(a)	1.063,3	1.548,2	45,6
5. HRVAŠKA ⁽³⁺⁴⁾	3.300,3	3.775,5	14,4
A. SKUPAJ IZVOZ ⁽¹⁺²⁺⁵⁾	7.620,7	8.788,7	15,3
1. ITALIJA	10,3	16,0	56,0
2. UVOZ (HE GOLICA) ^(b)	8,9	0,0	--
3. OSTALI UVOZ	3.382,2	4.107,2	21,4
4. AVSTRIJA ⁽²⁺³⁾	3.391,2	4.107,2	21,1
5. HRVAŠKA	2.440,3	3.667,5	50,3
B. SKUPAJ UVOZ ⁽¹⁺⁴⁺⁵⁾	5.841,7	7.790,8	33,4

Slika 17: Pogodbene vrednosti čezmejnega prenosa za obdobje januar-september 2010 in 2011 ter razlika med letoma v odstotkih (ELES, d.o.o., 2011).

12 ZAKLJUČEK

Vgradnja prečnega transformatorja je bila za ELES velik tehnični in finančni izziv. Projekt je utrdil pot temeljnemu cilju, uporabnikom v Republiki Sloveniji zagotoviti zanesljivo in kakovostno oskrbo z električno energijo ter omogočiti nemoteno delovanje trga v mednarodnem prostoru.

Ali bi se brez vgradnje prečnega transformatorja in z dobrimi pogajalci tudi dalo doseči povečanje ČPZ (čezmejne prenosne zmogljivosti)? Odgovor na to vprašanje ostaja nejasen, vendar je večina elektroenergetske stroke javno naklonjena vgradnji prečnega transformatorja. S prečnim transformatorjem se je pridobilo dobro pogajalsko izhodišče, zaradi sposobnosti zmanjšanja nezaželenih pretokov električne energije. V našem omrežju se je količina pretokov zmanjšala šele po tistem, ko je bila napovedana gradnja prečnega transformatorja. Prej so pretoki v Italijo celo presegli 1800 MW moči, kar je povsem nedopustno in skrajno nevarno, ne samo za elektroenergetski sistem Slovenije, temveč za celotno UCTE omrežje, celo v povsem popolnem stanju razpoložljivosti prenosnega omrežja. Prečni transformator je tako edina rešitev, do izgraditve še drugega 400 kV daljnovoda proti Italiji.

Povečana poraba električne energije po vsej Evropi zahteva, kljub racionalnejši rabi energije, gradnjo novih proizvodnih in prenosnih zmogljivosti. Tako tudi ELES pospešeno vlaga v primarno opremo (daljnovodi, razdelilno transformatorske postaje, telekomunikacije) in sekundarno opremo (zaščita, meritve, naprave za vodenje). ELES pri svojem razvoju upošteva projekcije demografskega in gospodarskega razvoja v Republiki Sloveniji. S predvidenimi vlaganji v prenosno omrežje želi obdržati vsaj takšno zanesljivost in kvaliteto omrežja kot danes. Ob istočasnih in usklajenih vlaganjih v proizvodnjo električne energije bi to Sloveniji zagotovilo neodvisnost in koristi, ki jih lahko ima z močnejšo vpetostjo v evropske trge, predvsem z možnostjo dostopa do cenejše električne energije.

13 LITERATURA

Arhiv fotografij in dokumentov (2010). Interno gradivo. Ljubljana: Javno podjetje Elektro-Slovenija, d.o.o..

Delovna postaja v RTP Divača (2011). Divača: Javno podjetje Elektro-Slovenija, d.o.o.

ELES, d.o.o. (2011). Arhiv novic. Pridobljeno 6.10.2011 s svetovnega spleta: http://www.eles.si/files/eles/userfiles/porocila/mesecna-porocila/September_2011_obratovalni_podatki.pdf

Gabrijel, U., Mihalič, R. (2005). Univerzalna energijska funkcija prečnih transformatorjev. Velenje: 7. Konferenca slovenskih elektroenergetikov.

Hrovatin, J. (2009). Vodenje elektroenergetskih sistemov. Ljubljana: Višja strokovna šola ICES.

IBE, d.d. (2011). Arhiv novic. Pridobljeno 6.10.2011 s svetovnega spleta: http://ocs-v3.ibe.si/portal/page?_pageid=54,939619&_dad=portal&_schema=PORTAL

Mihalič, R., Žunko, P. (2005). Prečni transformator kot naprava za hitro regulacijo pretokov moči v EES. Ljubljana: Fakulteta za elektrotehniko in računalništvo.

NA K 7.5.1.156 (2010), obratovalna navodila, izdaja 1 KU, 02.12.2010. Prečni transformator 400 kV 2×600 MVA v RTP Divača. Ljubljana: Javno podjetje Elektro-Slovenija, d.o.o.

NA K 7.5.1.587 (2010), obratovalna navodila, izdaja 1 KU, 03.12.2010. Ukrepanja operaterja ELES-a ob nastopu signalov iz 400 kV stikališča PST v RTP 400/110-220/110/35/10 kV Divača. Ljubljana: Javno podjetje Elektro-Slovenija, d.o.o.

Opis naprav (2011). Navodilo za obratovanje in vzdrževanje. Št. projekta: R4DI-A025/340. Št. mape: R4DI-8E/M90. Ljubljana: IBE, d.d. svetovanje projektiranje in inženiring.

Pezdir, M. (2008). PST predstavitev. Interno gradivo. Ljubljana: Javno podjetje Elektro-Slovenija, d.o.o..

Pravilnik o varstvu pri delu pred nevarnostjo električnega toka. Uradni list RS, št. 29/1992 (1992).

SCADA - Supervisory Control And Data Acquisition (2011). Aplikacija namenjena nadzoru in krmiljenju tehnoloških procesov. Divača: Javno podjetje Elektro-Slovenija, d.o.o.

Sistem vodenja (2011). Navodilo za obratovanje in vzdrževanje. Št. projekta: R4DI-A025/340. Št. mape: R4DI-8E/M92. Ljubljana: IBE, d.d. svetovanje projektiranje in inženiring.

Strategija razvoja EES Republike Slovenije (2007). Načrt razvoja prenosnega omrežja v Republiki Sloveniji od leta 2007 do 2016. Ljubljana: Javno podjetje Elektro-Slovenija, d.o.o.

Vključevanje novih objektov v sistem EMS (2011). Interno gradivo. Ljubljana: Javno podjetje Elektro-Slovenija, d.o.o.

Vzorec diplomskega dela z navodili (2009). Interno gradivo. Nova Gorica: Poslovno-tehniška fakulteta, Univerza v Novi Gorici.

Zakon o varnosti in zdravju pri delu. Uradni list RS, št. 43/2011 (2011).

PRILOGA 2: IZJAVA O PREIZKUŠANJU



ELEKTRON SLOVENIJA, d.o.o.

Hajdrihova 2, 1000 Ljubljana
p.p. 255
t 01 474 3000
f 01 474 2502
www.eles.si

Sektor za obratovanje sistema
Služba za procesni sistem
vodenja
t 01 474 61 27
f 01 474 21 22

Naš znak: 109/465/LM
Ljubljana, 8.12.2010

Komisija za strokovne tehnične preglede

Zadeva: Izjava

Izjavljava, da so za nove naprave v 400 kV stikališču v RTP Divači za potrebe prečnega transformatorja PST, povezani in preizkušeni vsi podatki na sistemu EMS iz sekundarne opreme (naprave za zaščito, meritve in vodenje) za naslednja polja:

- transformatorsko polje AC 12 PST T441,
- obhodno polje AC13,
- in transformatorsko polje AC 14 PST T442,

in je za navedene naprave urejeno vse potrebno za daljinsko vodenje, razen krmiljenja trafo stopenj.

Preizkušanja za sistem vodenja EMS ELES je izvajal g. Egon Prelec. Tekom preizkušanja so bile odpravljene vse ugotovljene pomanjkljivosti, tako, da je bil test daljinskega vodenja, zgoraj navedenih naprav, uspešno izveden, razen za krmiljenje trafo stopenj.

Sektor za obratovanje sistema
Inženir za procesni sistem OCV

Egon Prelec, inž. el.

Vodja oddelka za procesni sistem OCV

ELEKTRON SLOVENIJA, d.o.o.
Hajdrihova 2, 1000 Ljubljana

MARJAN LISJAK
univ. dipl. inž. el.
IZS E 0686

Marjan Lisjak, univ. dipl. inž. el.

PRILOGA 3: NAPISNA PLOŠČICA PST

5974227

SIEMENS

3-PHASE ANGLE REGULATOR

Series Transformer Unit: Type 1DQ-40S4449K-99
 Existing Transformer Unit: Type 1DQ-40S144E9K-99

Rated Power 600 MVA

Rated Voltage 400/400 kV

Specification ISC, IIS1

Short Circuit Duration 1s

Serial No. S1

Serial No. E1

Type of Cooling S1 and E1 ONAN ONAF

80% 100%

Frequency 50 Hz

No Load Phase Angle Shift ±40

Year of Manufacture 2010

Phase	Tap	V ₀	V ₁	V ₂	V ₃	V ₄	V ₅	V ₆	V ₇	V ₈	V ₉	V ₁₀	V ₁₁	V ₁₂
S1	1	400.0	400.0	400.0	400.0	400.0	400.0	400.0	400.0	400.0	400.0	400.0	400.0	400.0
S2	1	400.0	400.0	400.0	400.0	400.0	400.0	400.0	400.0	400.0	400.0	400.0	400.0	400.0
S3	1	400.0	400.0	400.0	400.0	400.0	400.0	400.0	400.0	400.0	400.0	400.0	400.0	400.0

Voltage Phase Diagram S1

Voltage Phase Diagram E1

Current Transformers

C No. 1/15	123014 400/150
C No. 16/24 31	180014 400/150
C No. 25/32 32	220014 400/150
C No. 35/36	120015 400/150
C No. 38	860016 400/150
C No. 40	242015 400/150
C No. 41	246016 400/150

Temperature rise over ambient temperature:

Winding temperature rise: 65°C max. 40°C min.

Oil temperature rise: 55°C max. 40°C min.

Top of transformer temperature rise: 65°C max. 40°C min.

Impedance:

± 10% at 600 MVA, 400 kV max. phase to phase

± 10% at 600 MVA, 400 kV max. phase to phase

Insulation level:

Insulation level	Winding	Oil	Top of transformer
100	100	100	100
110	110	110	110
120	120	120	120

Weight and Volume:

Component	Weight (kg)	Volume (dm³)
Active part	240 000	100 000
Iron core	14 000	10 000
Excitation transformer	14 000	10 000
Control transformer	14 000	10 000
Support structure	14 000	10 000
Oil	14 000	10 000
Total	266 000	140 000

PST Terminal Arrangement:

Siemens Transformers Austria - Weiz

Disizing No. 5974227, Instruction Manual No. 1415

Serial No. of PST	Serial No. of Transformer	Serial No. of Transformer

SIEMENS

Name Plate **5974227**

PRILOGA 4: PRVI VKLOP PST

