

4.4. TEHNIČNO POROČILO

VSEBINA:

1	UVOD.....	4
1.1	SMERNICE	4
1.2	OBSTOJEČE STANJE.....	4
1.3	NOVO STANJE	6
2	OBSTOJEČE STANJE.....	7
2.1	PRIKLJUČEK NA JAVNO DISTRIBUCIJSKO OMREŽJE	7
2.2	OBSTOJEČI 10 KV STIKALIŠČI	8
2.3	GENERATOR	9
2.4	ENERGETSKI TRANSFORMATORJI	9
2.5	LASTNA PORABA KOGENERACIJSKEGA POSTROJA.....	10
3	IZVEDBA ZAMENJAVE OPREME	11
3.1	SPLOŠNO.....	11
3.2	POTEK ZAMENJAVE	11
4	OPIS OPREME IN DEL	20
4.1	ELEKTROMAGNETNA KOMPATIBILNOST.....	20
4.2	SN STIKALIŠČE.....	21
4.2.1	SN celice	21
4.2.2	Odklopniki	22
4.2.3	Tokovni instrumentni transformatorji	22
4.2.4	Napetostni instrumentni transformatorji	22
4.2.5	Ozemljilni ločilniki	23
4.2.6	Odvodniki prenapetosti.....	23
4.2.7	Krmilna omarica	23
4.3	GENERATOR	23
4.3.1	Stator	23
4.3.2	Rotor	24
4.3.3	Ležaji generatorja.....	24

4.3.4	Hlajenje	25
4.3.5	Vzbujanje	25
4.3.6	Sinhronizacija	25
4.4	TRANSFORMATORJI	26
4.4.1	Oljni transformatorji	26
4.4.2	Suhi transformator	27
4.5	KABELSKE POVEZAVE	28
4.6	OPREMA VODENJA, ZAŠČITE IN ŠTEVČNIH MERITEV	28
4.6.1	Lokalno vodenje	28
4.6.2	Daljinsko vodenje	28
4.6.3	Zaščita	29
4.6.4	Števčne meritve	29
4.6.5	Preklopna avtomatika.....	30
4.7	LASTNA PORABA	31
4.8	DIESEL AGREGAT.....	31
4.9	OZEMLJITVE.....	32
4.10	GRADBENA IN ELEKTROMONTAŽNA DELA	33
4.10.1	Gradbena dela	33
4.10.2	Elektromontažna dela.....	34
4.10.3	Spuščanje v obratovanje.....	34
4.10.4	Časovni potek izvedbe del.....	35
5	DIMENZIONIRANJE	36
5.1	IZHODIŠČA ZA OSNOVNE IZRAČUNE.....	36
5.1.1	Nazivne razmere	36
5.1.2	Kratkostične razmere	37
5.2	IZBIRA 20 kV OPREME STIKALIŠČA TP 768-TOŠ2	37
5.2.1	Obratovalni pogoji	37
5.2.2	Nazivni podatki stikališča	38
5.2.1	Izvlačljivi odklopnik.....	38
5.2.2	Zbiralke.....	38
5.2.3	Odvodniki prenapetosti 20 kV.....	39
5.2.4	20 kV kableske povezave.....	39
5.3	IZBIRA GENERATORJA	39
5.4	IZBIRA TRANSFORMATORJEV	41
5.4.1	Transformatorji 10(20)/0,4 kV	41
5.4.2	Transformatorji 10(20)/6 kV	42

5.4.3	Transformatorji 20/10 kV	43
5.5	IZBIRA NN RAZDELILCA LASTNE PORABE	43
5.5.1	Dimenzioniranje zbiralk	44
5.6	IZBIRA DIESEL AGREGATA	45
5.6.1.1	Dimenzioniranje na nazivno breme	45
5.6.1.2	Dimenzioniranje na zagonski tok	46

1 UVOD

1.1 SMERNICE

Projekt za gradbeno dovoljenje Načrt št. 4: Načrt električnih inštalacij in električne opreme je izdelana na osnovi:

- Idejnih zasnov »Obnova kogeneracijskega postrojenja v TOŠ in obnova SN dela stikališč (TP768 in TP612) vključno z energetskimi transformatorji«, ELEK Svetovanje, d.o.o., april 2013;
- Idejnega projekta »Toplarna Šiška – prehod na 20 kV napetostni nivo«, ELEK Svetovanje, d.o.o., april 2013 ter tehničnih parametrov novega agregata s plinsko turbino po izvedeni obnovi obstoječe naprave za SPTE v Toplarni Šiška;
- Projektnih pogojev št. 788/13-ML »Projektni pogoji k obnovi kogeneracijskega postrojenja v TOŠ in obnovi srednje napetostnega dela stikališč (TP786 in TP612) vključno z energetskimi transformatorji«, Elektro Ljubljana; 29.05.2013;
- Soglasja za priključitev št 612564; Elektro Ljubljana; 24.4.2014

Projekt obravnava zamenjavo obstoječih 10 kV stikališč z novim stikališčem ter zamenjavo obstoječe plinske turbine z nazivno močjo generatorja 7,875 MVA z novo plinsko turbino z nazivno močjo generatorja 9,4 MVA.

Elektro Ljubljana d.d. bo kot distributer električne energije v Ljubljani prešla na 20 kV napetostni nivo in skladno z njihovim prehodom za zagotavljanje večje zanesljivosti omrežja, bo morala Energetika Ljubljana v Toplarni Šiška predelati obstoječo 10 kV razdelitev na 20 kV napetostni nivo. S prenovo SN stikališča se mora zagotoviti tudi večjo zanesljivost oskrbe z električno energije, zato bo novo SN stikališče dvostransko napajano ter imelo vzdolžno ločitev zbiralk. Na ta način bo omogočeno obratovanje TOŠ tudi v primeru okvare na enem sistemu zbiralk novega SN stikališča.

Projekt ne obravnava izgradnje novih ali zamenjavo obstoječih SN kablovodov proti RTP Šiška, RTP Bežigrad ali RTP Litostroj. SN kablovodi bodo obdelani v posebnem načrtu, ki ne bo predmet tega projekta za gradbeno dovoljenje.

Projekt vsebuje dimenzioniranje ter izbiro in dispozicijske rešitve opreme v okviru razpoložljivega prostora.

1.2 OBSTOJEČE STANJE

Toplarna Šiška (TOŠ) je sestavni del sistema daljinskega ogrevanja javnega podjetja Energetika Ljubljana (JPE) v mestu Ljubljana, ki zagotavlja vršno proizvodnjo toplotne energije. Na lokaciji TOŠ je bilo vgrajenih pet vročevodnih kotlov s skupno vhodno toplotno močjo 385 MW. En vročevodni kotel z vhodno toplotno močjo 64,6 MW je bil že demontiran, tako da je trenutna vhodna toplotna moč instaliranih kotlov 321 MW. Poleg tega se v TOŠ proizvaja industrijska para v treh parnih kotlih (2×10 t/h iz kotlov BKG-1 in BKG-3 ter 1×16 t/h iz kotla PK-2)

in industrijski kogeneraciji na osnovi plinske turbine (1×20 t/h v kotlu PK-4). Vhodna toplotna moč parnih kotlov je: 8,2 MW (BKG1), 9,3 MW (BKG3) in 11,6 (PK2). Nazivna električna moč kogeneracijskega postroja pri ISO obratovalnih pogojih je 6,8 MW, vhodna toplotna moč kogeneracijskega postrojenja pri sočasnem obratovanju plinske turbine in dodatnega gorilnika je 27,4 MW. V kogeneraciji lahko brez uporabe dodatne kurjave proizvedejo do 10 t/h industrijske pare, z dodatnim kurjenjem pa do 20 t/h. Moč dodatne kurjave je dimenzionirana za polno zmogljivost proizvodnje pare iz kotla PK-4, kar izkoriščajo tekom okvar ali izvajanja vzdrževalnih del na agregatu s plinsko turbino, saj proizvodnja pare predstavlja prioriteto pred proizvodnjo električne energije. Proizvodnja pare se vrši neprekinjeno čez celo leto. Pri tem običajno primarno obratuje kogeneracija v obsegu zmogljivosti čiste sočasne proizvodnje (brez dodatne kurjave), za čim večjo zanesljivost proizvodnje pare pa paralelno obratuje še parni kotel PK-2, običajno z minimalno zmogljivostjo. Pomemben objekt je črpališče vroče vode, ki omogoča zagotavljanje pretoka in tlaka vroče vode v vročevodnem sistemu daljinskega ogrevanja mesta Ljubljana. Črpališču vroče vode pripada tudi sistem za zagotavljanje statičnega tlaka v vročevodnem omrežju, ki mora zanesljivo delovati v vseh pogojih. Ostale spremljajoče naprave oz. sistemi, ki služijo za podporo osnovnim, so kemična priprava vode, sistem za zbiranje in čiščenje kondenzata, črpališče in skladišče kemikalij, nevtralizacijski bazen, mazutno gospodarstvo, reducirna plinska postaja, sistem odvoda in čiščenja dimnih plinov ter postaja za proizvodnjo komprimiranega zraka.

TOŠ je na 10 kV distribucijsko omrežje priključena preko dveh kablovodov. Prvi poteka do RTP Bežigrad, drugi do RTP Šiška. V TOŠ sta priključena na 10 kV stikališče TP 768-TOŠ2. Poleg 10 kV stikališča TP 768-TOŠ2 je v TOŠ tudi 10 kV stikališče TP 612-TOŠ1, ki je z TP 768-TOŠ2 povezan preko 10 kV kabelske povezave.

Poleg 10 kV stikališč je v TOŠ tudi 6 kV stikališče TP 768-TOŠ2, ki je z 10 kV stikališči povezan preko dveh transformatorjev 4000 kVA, 10/6 kV. 6 kV stikališče napaja večje porabnike (obtočne črpalke, ventilatorje,...).

Pomemben energetskega objekta je tudi leta 2009 zgrajena sončna elektrarna oz. fotonapetostni generator, kateri je izveden s 336 moduli po 230 Wp, kar predstavlja skupno moč 77.280 Wp. Nahaja se na strehi upravne stavbe.

1.3 NOVO STANJE

V tem projektu je obravnavana:

- izgradnja novega 20 kV stikališča z dvostranskim napajanjem ter vzdolžno ločitvijo;
- zamenjava generatorja v sklopu zamenjave plinske turbine kogeneracijskega postroja z dvigom moči na 9,4 MVA;
- vgradnja transformatorja 10,5/20 kV, 10,5 MVA namenjenega transformaciji generatorske napetosti kogeneracijskega postroja na 20 kV napetostni nivo;
- zamenjava vseh obstoječih transformatorjev (vsi transformatorji razen transformatorja lastne porabe kogeneracijskega postroja bodo prevezljivi iz 10 kV na 20 kV);
- zamenjava 0,4 kV razdelilnika lastne porabe kogeneracijskega postroja, vključno z zagonskim diesel agregatom.

2 OBSTOJEČE STANJE

2.1 PRIKLJUČEK NA JAVNO DISTRIBUCIJSKO OMREŽJE

Obstoječi 10 kV kabli so v TOŠ priključeni v 10 kV stikališče TP 768-TOŠ2. Podatki o dovodnih kablilih:

RTP Bežigrad

Oznaka stikalne celice v TP 768-TOŠ2	0
Tip kabla	IPO 14 3x240 mm ²
Trajno dopustni tok	328 A
Izolacijski nivo kabla	12 kV
Dolžina	1817 m

RTP Šiška

Oznaka stikalne celice v TP 768-TOŠ2	1
Tip kabla	XHE49 3x1x240 mm ²
Trajno dopustni tok	462 A
Izolacijski nivo kabla	24 kV
Dolžina	1670 m

Oba 10 kV dovoda je možno s pomočjo preklopne avtomatike TEP 4000 brez napetostne prekinitve med seboj preklapljati. Hkrati ni dovoljeno obratovanje TOŠ na RTP Bežigrad in RTP Šiška, razen v izjemnih okoliščinah, ki jih medsebojno dogovorijo stikalničarji Elektro-Ljubljana mesto in JPE, na osnovi depeš ali pisnih delovnih nalogov (primer okvare na posamezni RTP). Avtomatika je instalirana ob 10 kV stikalnem polju pri stikalni celici **št. 0** – dovod iz RTP Bežigrad. Avtomatsko delovanje preklopne avtomatike je blokirano v primeru proizvodnje električne energije iz agregata s plinsko turbino.

Za stikalnima celicama na koncu priključnih kablovodov za povezavo TOŠ in RTP je v stikalni celici **št. 2** vgrajeno skupno ločilno bremensko stikalo, ki je aktivno (IZKLOP) v primeru delovanja električnih zaščit za primere okvar na VN kablovodih, 10 kV zbiralkah in VN električnih napravah. To stikalo je aktivno tudi v procesu sinhronizacije agregata s plinsko turbino pri prehodu iz otočnega načina obratovanja na sinhroni način obratovanja (paralelno obratovanje) z javnim električnim omrežjem.

Meritve prejete in oddane električne energije za potrebe Elektro Ljubljana d.d. in TOŠ se izvajajo v merilni celici št. 3.

2.2 OBSTOJEČI 10 kV STIKALIŠČI

Obstoječi 10 kV stikališči TP 768-TOŠ2 in TP 612-TOŠ1 sta opremljeni s predfabriciranimi prostostoječimi pločevinastimi celicami z enim sistemom zbiralnic.

Tehnični podatki celic:

Širina	800 mm
Globina	1300 mm
Višina	3000 mm
Zbiralke	barvane, Cu-3x(50x5) mm

Iz enopolne sheme in tlorisa stikališča je razvidna vezava stikališča ter razporeditev celic.

TP 768-TOŠ2:

- **Celica št. 0:** dovod iz RTP Bežigrad (ločilno bremensko stikalo 630 A);
- **Celica št. 1:** dovod iz RTP Šiška (ločilno bremensko stikalo 630 A);
- **Celica št. 2:** ločilno mesto med distribucijskim omrežjem in TOŠ (ločilno bremensko stikalo 630 A);
- **Celica št. 3:** merilna celica (ločilno stikalo 630 A);
- **Celica št. 4:** transformator TR1 10/6 kV in moči 4.000 kVA (ločilno bremensko stikalo 630 A);
- **Celica št. 5:** rezerva (ločilno stikalo 630 A);
- **Celica št. 6:** transformator TR3 10/0,4 kV in moči 400 kVA (ločilno bremensko stikalo 630 A);
- **Celica št. 7:** spojno polje - povezava s stikališčem TP 612-TOŠ1 (ločilno bremensko stikalo 1250 A);
- **Celica št. 8:** generator agregata plinske turbine nazivne moči 6,8 MW_{el} (izvlačljivo ločilno bremensko stikalo 630 A);
- **Celica št. 9:** transformator TR LR kogeneracijskega postroja 10/0,4 kV in moči 1.000 kVA (izvlačljivo ločilno bremensko stikalo 630 A);

TP 612-TOŠ1:

- **Celica št. 1:** rezerva (ločilno stikalo 630 A);
- **Celica št. 2:** rezerva (ločilno stikalo 630 A);
- **Celica št. 3:** merilna celica (ločilno stikalo 630 A);
- **Celica št. 4:** transformator TR1 10/0,4 kV in moči 1.250 kVA (ločilno bremensko stikalo 630 A);
- **Celica št. 5:** transformator TR2 10/0,4 kV in moči 1.250 kVA (ločilno bremensko stikalo 630 A);

- **Celica št. 6:** transformator TR2 10/6 kV in moči 4.000 kVA (ločilno bremensko stikalo 630 A);
- **Celica št. 7:** spojno polje - povezava s stikališčem TP 768-TOŠ2 (ločilno stikalo 630 A);

Na celicah je tudi krmilni panel s stikali za vklop in izklop stikal ter omarica za zaščitne releje in instrumente. Stikala za vklop in izklop so tudi na stikalu samem.

Električna zaščita je izvedena s pretokovno zaščito in kratkostično zaščito v vseh treh fazah.

2.3 GENERATOR

Generator obstoječe plinske kogeneracije je priključen v TP TOŠ768-TOŠ2 v celico št. 8.

Nazivni podatki generatorja:

Nazivna napetost U_n	10,5 kV \pm 5%
Nazivna navidezna moč S_n	7.875 kVA
Nazivna delovna moč P_n	6.694 kW
$\cos(\varphi)$	0,85
Nazivna frekvenca f	50 HZ
Število polov	4
Nazivna vrtilna hitrost generatorja	1.500 vrt/min

2.4 ENERGETSKI TRANSFORMATORJI

Iz 10 kV stikališč je preko posameznih celic napajanih 6 transformatorjev:

- 2 transformatorja 10/6 kV, 4.000 kVA;
- 4 transformatorji 10/0,4 kV, različnih moči.

5 transformatorjev je oljne izvedbe, 1 transformator (za napajanje lastne porabe kogeneracije) je suhe izvedbe. Transformator lastne porabe se nahaja v stikališču kogeneracije MCR, vsi ostali transformatorji so postavljeni v ločene transformatorske bokse.

Transformatorja 10/6 kV sta namenjena za napajanje porabnikov na 6 kV nivoju (ventilatorji, obtočne črpalke), transformatorji 10/0,4 kV pa za napajanje vseh ostalih porabnikov.

Transformatorji so na SN strani kabelsko povezani na pripadajoče stikalne celice 10 kV stikališča.

Povezave med NN sponkami transformatorjev in pripadajočim stikalnim poljem v NN razdelilni plošči je izvedeno s Cu ploščatimi zbiralkami.

2.5 LASTNA PORABA KOGENERACIJSKEGA POSTROJA

Lastna poraba obstoječega kogeneracijskega postroja je napajana preko transformatorja lastne porabe TR LR 10/0,4 kV, 1.000 kVA ter v primeru izpada omrežne napetosti preko diesel agregata 450 kVA, 0,4 kV.

TR LR in 0,4 kV razdelilna plošča se nahajata v stikališču lastne rabe pod komandnim prostorom SPTE. Diesel agregat je montiran v kontejnerju ob transformatorjih 10/6 kV.

Na 0,4 kV razdelilna ploščo so priključeni:

- TR LR 10/0,4 kVA, 1.000 kVA;
- diesel agregat 450 kVA, 0,4 kV;
- zagonski motor plinske turbine;
- različni porabniki v sklopu plinske turbine;
- plinski in zračni kompresor;
- črpalke vroče vode;
- kotel PK-4 (prostor CCR).

0,4 kV razdelilna plošča ne omogoča dodajanja novih izvodov, zato se bo ob zamenjavi sklopa plinske turbine z generatorjem kogeneracijskega postrojenja zamenjala tudi 0,4 kV razdelitev lastne porabe.

3 IZVEDBA ZAMENJAVE OPREME

3.1 SPLOŠNO

Zamenjava obstoječe opreme z novo opremo bo:

- povečala zanesljivost in varnost obratovanja SN opreme v TOŠ;
- omogočila priključitev novega generatorja s povečano močjo na distribucijsko omrežje;
- omogočala prehod TOŠ na 20 kV napetostni nivo;
- ob zamenjavi starih 10/0,4 kV transformatorjev (TR1, TR2, TR3) z novimi prevezljivimi transformatorji 10(20)/0,4 kV, 2.000 kVA bo omogočeno normalno obratovanje obstoječih porabnikov ter priključevanje novih NN porabnikov;
- zmanjšala električne izgube na opremi s preходом na 20 kV napetostni nivo (zaradi zmanjšanja električnih tokov);
- omogočila postavitve novega sistema električne zaščite stikališča ter nov sistem vodenja stikališča, ki bo omogočal daljinski nadzor in krmiljenje stikališča iz centralnega nadzornega sistema TOŠ ter zagotavljalo sodobne komunikacijske povezave tudi do centra vodenja Elektra Ljubljana;
- priključevanje novih NN porabnikov za potrebe zanesljivega in varnega obratovanja plinske kogeneracije.

3.2 POTEK ZAMENJAVE

Zamenjava SN stikališč predvideva zamenjavo obstoječih 10 kV stikališč TP 768-TOŠ2 in TP 612-TOŠ1 z novim 20 kV stikališčem z dvostranskim napajanjem in zveznim poljem. Lokacija novega 20 kV stikališča bo v prostoru obstoječega 10 kV in 6 kV stikališča TP 768-TOŠ2. Enopolna shema in risbe tlorisov so v grafičnih prilogah.

Ob zamenjavi sklopa plinske turbine z generatorjem kogeneracijskega postroja se bo vgradil blok transformator 20/10 kV, 10.500 kVA, zamenjal obstoječi transformator lastne porabe ter zamenjala 0,4 kV razdelitev lastne porabe plinske kogeneracije, vključno z diesel agregatom.

Zamenjava oz. predelava elektroenergetske opreme se izvede v 3 fazah:

a) 1. faza – izgradnja Sistema I novega SN stikališča TP 768-TOŠ2; **obratovanje na 10 kV:**

- priprava delovišča:
 - označba delovišča za postavitve Sistema I novega SN stikališča,
 - zavarovanje naprav, ki se nahajajo v stikališču ter so pod napetostjo.

- umik napajalnih ter krmilno-signalnih omaric v sosednji DC prostor na drugi strani stene:
 - umik omarice, ki jo uporablja Elektro Ljubljana za zaključevanje optičnih kablov;
 - umik omar za napajanje 10 kV in 6 kV stikalnih celic s 110 V DC napetostjo;
 - umik omaric za prenos signalov iz obstoječih 10 kV in 6 kV stikalnih celic na sistem vodenja (SCADA).
- ureditev prostora:
 - zapolnitev obstoječih prebojev v AB plošči v delu prostora, kjer je predvidena postavitve Sistema I;
 - izvedba statične ojačitve plošče, če bo ta potrebna;
 - izdelava izvrtin za energetske in krmilno-signalne kable;
 - niveliranje tlakov;
 - izvedba ustrezne napetostne izolacije tal npr. PVC plošče ter elektro izolacijska guma.
- montaža 8 novih SN celic v TP 768-TOŠ2;
 - montaža celic;
 - montaža krmilno-signalnih kablov;
 - vzpostavitev sistema vodenja novih celic na obstoječi nadzorni sistem;
 - nastavitev električnih zaščit v dovodni celici ter na posameznih odcepih;
- vzpostavitev sistema števnih meritev:
 - vzpostavitev obračunskega merilnega mesta na dovodni celici AJM03 v sodelovanju z Elektrom Ljubljana;
 - vzpostavitev obračunskega merilnega mesta na generatorski celici AJA07;
 - vzpostavitev kontrolnih meritev na transformatorskih celicah.
- demontaža prvih treh celic v TP 612-TOŠ1 in ureditev tal;
- vgradnja novega NN stikališča v TP 612-TOŠ1 (ni predmet tega projekta);
- menjava transformatorja TR 3 10/0,4 kV:
 - izklop TR 3 10/0,4 kV, 400 kVA;
 - demontaža transformatorja ter 10 kV kabelskih povezav in 0,4 kV zbiralk;
 - demontaža jeklenih tračnic transformatorja;
 - vgradnja INOX oljne lovilne skleda ter jeklenih ojačitev nosilne AB plošče transformatorja;
 - ureditev prezračevanja TR boksa;
 - vgradnja novih tračnic transformatorja;

- beljenje prostora;
 - vgradnja požarnih senzorjev;
 - montaža novega transformatorja BBT02 20(10)/0,4 kV, 2.000 kVA;
 - montaža novih 0,4 kV zbiralčnih povezav do novega NN stikališča v TP 612-TOŠ1;
 - montaža novih 20 kV kablov do nove celice AJT05.
- menjava transformatorja TR 1 10/6 kV:
- izklop TR 1 10/0,4 kV, 4.000 kVA;
 - demontaža transformatorja ter 10 kV kabla;
 - umik in zaščita 6 kV kabla, da se omogoči sanacijo TR boksa;
 - demontaža jeklenih tračnic transformatorja;
 - vgradnja INOX oljne lovilne skleda ter jeklenih ojačitev nosilne AB plošče transformatorja;
 - vgradnja novih tračnic transformatorja;
 - vgradnja novih zaščitnih vrat TR boksa;
 - beljenje prostora;
 - vgradnja požarnih senzorjev;
 - montaža novega transformatorja BBT01 20(10)/6 kV, 4.000 kVA;
 - montaža obstoječih 6 kV kablov;
 - montaža novih 20 kV kablov do nove celice AJT04.
- prevezava transformatorja TR LR v novo SN stikališče:
- izklop in blokada stikala lastne rabe (celica 9) v obstoječem 10 kV stikališču TP 768-TOŠ2;
 - zamenjava obstoječega SN kabla in prevezava TRLR na celico AJT06;
- prevezava generatorja kogeneracije v novo SN stikališče:
- izklop in blokada stikala generatorja (celica 8) v obstoječem 10 kV stikališču TP 768-TOŠ2;
 - prevezava obstoječega 10 kV kabla na celico AJA07;
 - vzpostavitev sistema sinhronizacije generatorja preko odklopnikov v celici AJA07 in celici AJD02;
- prevezava kablovoda RTP Bežigrad v celico AJD02, dela se izvedejo v koordinaciji in sodelovanjem Elektra Ljubljana;
- izvedba meritev vrtilnega polja, meritev SN kablovodov, funkcionalnih preizkusov sistema vodenja, zaščit, meritev in sinhronizacije na Sistemu I v novem SN stikališču;
- spuščanje Sistema I pod 10 kV napetost:
- deblokada vklopa odklopnika Q0 v celici AJD02 in s strani Elektra Ljubljana vklop 10 kV napetosti na kablovod v RTP Bežigrad;
 - vklop odklopnika Q0 v celici AJD02;

- vklop odklopnikov v celicah AJT04, AJT05 in AJT06;
- preizkus sinhronizacije generatorja z 10 kV omrežjem RTP Bežigrad.

b) 2. faza – izgradnja Sistema II novega SN stikališča TP 768-TOŠ2;
obratovanje na 10 kV:

- priprava delovišča:
 - označba delovišča za postavitev Sistema II novega SN stikališča,
 - zavarovanje naprav, ki se nahajajo v stikališču ter so pod napetostjo.
- demontaža obstoječega stikališča TP768-TOŠ2:
 - izklop in odklop 10 kV RTP Šiška;
 - izklop in demontaža vseh odceпов na obstoječih 10 kV stikališčih TP 612-TOŠ1 in TP 768-TOŠ2;
 - demontaža obstoječih stikališč TP 612-TOŠ1 in TP 768-TOŠ2;
- ureditev prostora:
 - izdelava izvrtin za krmilno-signalne kable;
 - niveliranje tlakov;
 - izvedba ustrezne napetostne izolacije tal npr. PVC plošče ter elektro izolacijska guma.
- montaža 7 novih SN celic v TP 768-TOŠ2;
 - montaža celic;
 - montaža krmilno-signalnih kablov;
 - vzpostavitev sistema vodenja novih celic na obstoječi nadzorni sistem;
 - nastavitev električnih zaščit v dovodni celici ter na posameznih odcepih;
- vzpostavitev sistema števnih meritev:
 - vzpostavitev obračunskega merilnega mesta na dovodni celici AJM14 v sodelovanju z Elektrom Ljubljana;
 - vzpostavitev kontrolnih meritev na transformatorskih celicah.
- menjava transformatorja TR 2 10/0,4 kV:
 - izklop TR 2 10/0,4 kV, 1.250 kVA;
 - demontaža transformatorja ter 10 kV kabelskih povezav in 0,4 kV zbiralk;
 - demontaža jeklenih tračnic transformatorja;
 - vgradnja INOX oljne lovilne skleda ter jeklenih ojačitev nosilne AB plošče transformatorja;
 - ureditev prezračevanja TR boksa;
 - vgradnja novih tračnic transformatorja;

- beljenje prostora;
 - vgradnja požarnih senzorjev;
 - montaža novega transformatorja BBT04 20(10)/0,4 kV, 2.000 kVA;
 - montaža novih 0,4 kV zbiralčnih povezav do novega NN stikališča v TP 612-TOŠ1;
 - montaža novih 20 kV kablov do nove celice AJT11.
- menjava transformatorja TR 1 10/0,4 kV:
- izklop TR 1 10/0,4 kV, 1.250 kVA;
 - demontaža transformatorja ter 10 kV kabelskih povezav in 0,4 kV zbiralk;
 - demontaža jeklenih tračnic transformatorja;
 - vgradnja INOX oljne lovilne skleda ter jeklenih ojačitev nosilne AB plošče transformatorja;
 - ureditev prezračevanja TR boksa;
 - vgradnja novih tračnic transformatorja;
 - beljenje prostora;
 - vgradnja požarnih senzorjev;
 - montaža novega transformatorja BBT04 20(10)/0,4 kV, 2.000 kVA;
 - montaža novih 0,4 kV zbiralčnih povezav do novega NN stikališča v TP 612-TOŠ1;
 - montaža novih 20 kV kablov do nove celice AJT12.
- menjava transformatorja TR 2 10/6 kV:
- izklop TR 2 10/0,4 kV, 4.000 kVA;
 - demontaža transformatorja ter 10 kV kabla;
 - umik in zaščita 6 kV kabla, da se omogoči sanacijo TR boksa;
 - demontaža jeklenih tračnic transformatorja;
 - vgradnja INOX oljne lovilne skleda ter jeklenih ojačitev nosilne AB plošče transformatorja;
 - vgradnja novih tračnic transformatorja;
 - vgradnja novih zaščitnih vrat TR boksa;
 - beljenje prostora;
 - vgradnja požarnih senzorjev;
 - montaža novega transformatorja BBT01 20(10)/6 kV, 4.000 kVA;
 - montaža obstoječih 6 kV kablov;
 - montaža novih 20 kV kablov do nove celice AJT13.
- izvedba kabelske povezave med Sistemom I (AJZ08) in Sistemom II (AJZ09);

- prevezava kablovoda RTP Šiška v celico AJD15, dela se izvedejo v koordinaciji in sodelovanjem Elektra Ljubljana;
- vzpostavitev sistema sinhronizacije generatorja še preko odklopnika v celici AJD15;
- izvedba meritev vrtilnega polja, meritev SN kablovodov, funkcionalnih preizkusov sistema vodenja, zaščit, meritev in sinhronizacije na Sistemu II v novem SN stikališču;
- spuščanje Sistema II pod 10 kV napetost:
 - deblokada vklopa odklopnika Q0 v celici AJD15 in s strani Elektra Ljubljana vklop 10 kV napetosti na kablovod v RTP Šiška;
 - vklop odklopnika Q0 v celici AJD15;
 - vklop odklopnikov v celicah AJT11, AJT12 in AJT13;
 - prehod na otočno obratovanje generatorja kogeneracije na Sistemu I (izklop odklopnika Q0 v celici AJD02);
 - deblokada in vklop odklopnika Q0 celice AJZ08 povezave med Sistemom I in Sistemom II;
 - preizkus sinhronizacije generatorja z 10 kV omrežjem RTP Šiška.

c) 3. faza – prehod iz 10 kV napetostnega nivoja na 20 kV napetostni nivo;
obratovanje na 20 kV:

V sklopu 3. faze se izvede zamenjava sklopa plinske turbine z generatorjem kogeneracijskega postrojenja, vgradnja blok transformatorja ter zamenjava transformatorja lastne porabe BBT03 in 0,4 kV lastne porabe plinske kogeneracije. Novo SN stikališče bo šele od zamenjave sklopa plinske turbine z generatorjem kogeneracijskega postrojenja naprej priključeno na 20 kV napetostni nivo v RTP Litostroj. Zahteva Elektra Ljubljana za prehod na 20 kV napetostni nivo je povezana s povečano močjo obnovljene plinske kogeneracije v TOŠ. Izvedejo se sledeča dela:

- gradbena dela:
 - izgradnja transformatorskega prostora za transformator generatorja kogeneracije 01BAT01 poleg obstoječega transformatorskega prostora transformatorjev BBT01 in BBT06 20(10)/6 kV, 4.000 kVA;
 - sanacija obstoječih oz. izgradnja novih kabelskih tras od novega transformatorja generatorja kogeneracije 01BAT01 20/10,5 kV, 10.500 kVA do novega 20 kV stikališča ter samega generatorja.
- vgradnja novega transformatorja za generator kogeneracije - 01BAT01 20/10,5 kV, 10.500 kVA;
- vzpostavitev breznapetostnega stanja naprav, ki so priključene v celicah AJT11, AJT12 in AJT13;
- izklop in blokada vklopa odklopnika v celici AJD15 RTP Šiška;
- izklop odklopnika Q0 v celici AJZ08 in blokada vklopa;
- izklop in blokada kablovoda v RTP Šiška s strani Elektra Ljubljana;

- odklop in demontaža kablovoda RTP Šiška;
- izgradnja 20 kV kablovoda do RTP Litostroj:
 - polaganje 20 kV kabla;
 - izdelava kabelskih končnikov in priključevanje kablov v RTP Litostroj in TP 768-TOŠ2 v celico AJD15;
 - izvedba meritev kablovoda.
- izvedba 20 kV kabelske povezave blok transformatorja 01BAT01 do celice AJA16;
- prevezave energetskih transformatorjev BBT04, BBT05 in BBT06 iz prestavnega razmerja 10/x kV na 20/x kV;
- prevezava vseh napetostnih instrumentnih transformatorjev na Sistemu II iz prestavnega razmerja 10/0,1 kV na prestavno razmerje 20/0,1 kV;
- prevezava prestavnega razmerja vseh tokovnih instrumentnih transformatorjev na Sistemu II;
- ponovna nastavitve sistema vodenja, zaščit, števnih meritev, sinhronizacije generatorja za Sistem II;
- izvedba meritev vrtilnega polja, funkcionalnih preizkusov sistema vodenja, zaščit, meritev in sinhronizacije na Sistemu II;
- spuščanje Sistema II pod 20 kV napetost:
 - deblokada vklopa odklopnika Q0 v celici AJD15 in s strani Elektra Ljubljana vklop 20 kV napetosti na kablovod v RTP Litostroj;
 - vklop odklopnika Q0 v celici AJD15;
 - vklop odklopnikov v celicah AJT11, AJT12 in AJT13;
- izklop generatorja kogeneracije in blokada vklopa odklopnika v celici AJA07;
- izvedba 20 kV kabelske povezave blok transformatorja 01BAT01 do celice AJA01;
- zamenjava generatorja plinske turbine:
 - sanacija in prilagoditev temeljev generatorja;
 - demontaža obstoječega generatorja;
 - vgradnja novega generatorja vključno z novim vzbujačnim sistemom;
 - polaganje 10 kV kablov od generatorja do transformatorja 01BAT01;
 - zamenjava sistema vodenja in zaščite plinske kogeneracije;
 - zamenjava sistema sinhronizacije generatorja na omrežje;
 - funkcionalni preizkusi sistemov vodenja, zaščite, sinhronizacije ter spuščanje v pogon.
- zamenjava lastne porabe plinske kogeneracije:
 - vzpostavitev breznapetostnega stanja na TR LR, ki je priključen v celico AJT06;
 - demontaža transformatorja TR LR;

- demontaža obstoječega 0,4 kV razdelilca lastne porabe;
 - sanacija zaščitne ograje okoli transformatorja;
 - montaža novega transformatorja BBT03 10/0,4 kV, 1.000 kVA, Dzn0;
 - zamenjava 0,4 kV razdelilca lastne porabe;
 - montaža novih 10 kV kablov do blok transformatorja 01BAT01;
 - montaža 0,4 kV zbiralničnih povezav do razdelilca lastne porabe.
- vzpostavitev breznapetostnega stanja naprav, ki so priključene v celicah AJT04 in AJT05;
 - izklop in blokada vklopa odklopnika v celici AJD02 RTP Bežigrad;
 - izklop in blokada kablovoda v RTP Bežigrad s strani Elektra Ljubljana;
 - izgradnja 20 kV kablovoda do RTP Bežigrad:
 - demontaža obstoječega 10 kV kabla;
 - polaganje 20 kV kabla;
 - izdelava kabelskih končnikov in priključevanje kablov v RTP Bežigrad in v TP 768-TOŠ2 v celico AJD02;
 - izvedba meritev kablovoda.
 - prevezave energetskih transformatorjev BBT01 in BBT02 iz prestavnega razmerja 10/x kV na 20/x kV;
 - prevezava vseh napetostnih instrumentnih transformatorjev na Sistemu I SN stikališča iz prestavnega razmerja 10/0,1 kV na prestavno razmerje 20/0,1 kV;
 - prevezava prestavnega razmerja vseh tokovnih instrumentnih transformatorjev na Sistemu I;
 - ponovna nastavitve sistema vodenja, zaščit, števnih meritev, sinhronizacije generatorja za Sistem I;
 - izvedba meritev vrtilnega polja, funkcionalnih preizkusov sistema vodenja, zaščit, meritev in sinhronizacije na Sistemu I;
 - spuščanje Sistema I pod 20 kV napetost:
 - deblokada vklopa odklopnika Q0 v celici AJD02 in s strani Elektra Ljubljana vklop 20 kV napetosti na kablovod v RTP Bežigrad;
 - vklop odklopnika Q0 v celici AJD02;
 - vklop odklopnikov v celicah AJT04, AJT05 in AJT06;
 - preizkus sinhronizacije generatorja z 20 kV omrežjem;
 - deblokada in vklop odklopnika Q0 celice AJZ08 povezave med Sistemom I in Sistemom II;
 - izklop odklopnika v celici AJD15 RTP Šiška.

Iz enopolne sheme je razvidna končna vezava novega 20 kV stikališča:

- **Celica AJA01:** Kogeneracija - transformator 01BAT01 20/10,5 kV 10.500 kVA (izvlačljiv odklopnik 1250 A);
- **Celica AJD02:** KB RTP Bežigrad (izvlačljiv odklopnik 1250 A);
- **Celica AJM03:** merilna celica (varovalka);
- **Celica AJT04:** transformator BBT01 (TR 2) 20(10)/6 kV in moči 4.000 kVA (izvlačljiv odklopnik 630 A);
- **Celica AJT05:** transformator BBT02 (TR1) 20(10)/0,4 kV in moči 2.000 kVA (izvlačljiv odklopnik 630 A);
- **Celica AJT06:** rezerva (izvlačljiv odklopnik 630 A);
- **Celica AJA07:** rezerva (izvlačljiv odklopnik 1250 A);
- **Celica AJZ08:** zvezno polje (izvlačljiv odklopnik 1250 A);
- **Celica AJZ09:** zvezno polje;
- **Celica AJT10:** rezerva (izvlačljiv odklopnik 630 A);
- **Celica AJT11:** transformator BBT04 (TR3) 20(10)/0,4 kV in moči 2.000 kVA (izvlačljiv odklopnik 630 A);
- **Celica AJT12:** transformator BBT05 (TR2) 20(10)/0,4 kV in moči 2.000 kVA (izvlačljiv odklopnik 630 A);
- **Celica AJT13:** transformator BBT06 (TR1) 20(10)/6 kV in moči 4.000 kVA (izvlačljiv odklopnik 630 A);
- **Celica AJM14:** merilna celica (varovalka);
- **Celica AJD15:** KB RTP Litostroj (izvlačljiv odklopnik 1250 A);
- **Celica AJA16:** Kogeneracija - transformator 01BAT01 20/10,5 kV 10.500 kVA (izvlačljiv odklopnik 1250 A);

4 OPIS OPREME IN DEL

4.1 ELEKTROMAGNETNA KOMPATIBILNOST

Pri prehodu na 20 kV nivo v TOŠ bodo izvedeni vsi zaščitni in varnostni ukrepi za odstranitev oz. ublažitev elektromagnetnih motenj, ki vplivajo na delovanje vseh občutljivejših električnih naprav.

Tako so posamezne komponente krmilnih sistemov in vsa ostala oprema vodenja, izpostavljena raznim zunanjim elektromagnetnim vplivom, ki jih stalno povzročajo prisotne elektroenergetske naprave, občasno pa tudi posamezne okvare na teh napravah. Med tovrstne motnje lahko štejemo tudi vse atmosferske razelektritve. Motnje lahko povzročajo nepravilno delovanje sekundarne elektro opreme in z njimi povezanih naprav, ali pa celo nezaželeni izpad posameznega sklopa postaje.

Elektromagnetne motnje se deli na naravne in na motnje nastale zaradi prisotnosti drugih energetskih in elektronskih naprav. Naravne motnje so predvsem atmosferske motnje. Vse ostale motnje so posledica prisotnosti drugih električnih naprav, ki stalno povzročajo različne motnje, kot so nihanje napetosti, onesnaženje z višjimi harmoniki, razni stikalni manevri bližnjih elektroenergetskih stikalnih naprav, hitri in ultra hitri prehodni pojavi in tudi hitre tokovne in napetostne spremembe.

V stikalnih postrojih so največji vir motenj stikalni manevri primarnih elementov in še posebej ločilnik. Ločilna stikala praviloma nimajo hitrih pogonov, zato ob vklopih ali predvsem izklopih nastajajo motnje visokih frekvenc, ki se prenašajo na sekundarne tokokroge posameznega polja in posledično postroja.

Viri motenj so tudi fluorescentne svetilke, napajalne enote, usmerniške in razsmerniške naprave, pogoni v sklopu lastne porabe, kontaktorji, elektromagnetni ventili,...

Zagotovitev elektromagnetne kompatibilnosti opreme se doseže z različnimi ukrepi:

- razpored opreme v omarah in konstrukcijah omar;
- ustrezni tipi kablov z oklopom iz dobroprevodnega materiala (baker) in polaganje kablov;
- uporaba kompenzacijskih vodnikov v kabelski kanalizaciji;
- izenačevanje potencialov v objektu;
- oklapljanje in ukrepi za zmanjševanje elektromagnetnih motenj (npr. kovinska ohišja električnih naprav);
- izvedba ozemljitev in strelovodne napeljave.

Za sekundarne tokokroge v celicah se morajo uporabiti predpisani kabli in upoštevati naslednja pravila:

- uporabijo se samo kabli z bakrenimi oklepi:
- oklep mora biti tokovno obremenljiv, zato mora biti njegov presek vsaj 4 mm²;

- konstrukcija mora biti takšna, da čim bolj pokrije obseg kabla;
- oklep mora biti iz bakrenih žičk, ki so spletene v mrežo ali radialno razporejene po obsegu ali iz kontinuiranega traku, ki je ovit radialno po obsegu kabla ali iz kombinacije traku in žičk;
- za kable, ki potekajo po zgradbi je priporočljivo uporabljati oklep iz žičk, ki tvorijo gibko pletenico, ta je lahko tudi korozijsko zaščitena.

Vsa oprema mora biti izdelana po domačih SIST in mednarodnih standardih, ki predpisujejo vse potrebne ukrepe za preprečitev vplivov ali omilitov elektromagnetnih motenj in predvsem v skladu z zadnjo izdajo standardov:

IEC61000 (Electromagnetic compatibility, EMC);

IEC60478 (Stabilized power supplies, DC output, Reference levels and measurment of conducted electromagnetic interference);

IEC60950 (Safety of information technology equipment).

Ta spisec standardov ne sme biti omejujoč.

4.2 SN STIKALIŠČE

4.2.1 SN celice

Celice bodo kovinsko oklopljene izvedbe s pregrajenimi oddelki - metalclad (kabelski, odklopniški, zbiralčni), izvlačljive izvedbe. Pregrade med predelki bodo kovinske. Celice morajo biti opremljene s sistemi kontrole obloka.

Predvidene so enosistemske zračno izolirane celice, z izvlečljivimi vakuumskimi odklopniki, opremljene z elementi za ozemljitev in distribuiranim sistemom zaščite in vodenja.

Zbiralnični del enojnih zbiralnic mora biti skupen za vse celice v nizu. Izolacija na zbiralničnih vodnikih mora biti takšna, da preprečuje potovanje električnega obloka vzdolž njih.

Priključitev vseh SN kablov bo iz spodnje strani.

Vsaka celica ima na zgornjem sprednjem delu NN omarico, z vgrajeno opremo z distribuiranim sistemom zaščite in vodenja, ki bo povezana v skupni sistem vodenja na novi postajni računalnik. Vsi signalno-krmilni kabli bodo novi, z opletom.

V NN omarici bo izveden tudi razvod lastne rabe AC/DC za napajanje elementov v celici.

Dimenzije predvidenih 20 kV celic:

širina:	do 800 mm
globina:	do 1560 mm
višina:	do max 2720 mm

4.2.2 Odklopniki

Celice bodo opremljene s tipskimi motorskimi vakuumskimi odklopniki za različne nazivne tokove, izvlačljive izvedbe, tripolnimi, primernimi za priklop transformatorjev in drugih naprav preko kabelskih povezav. Kratkostična odklopna zmogljivost bo zadovoljila kratkostične pogoje, ki so opisani v nadaljevanju.

Vsak odklopnik bo opremljen z vzmetnim pogonskim mehanizmom, ki se napaja preko DC motorjev, lahko pa se napolni tudi ročno za zasilno delovanje. Mehanizem bo elektromehanski z možnostjo izklopa po zaščiti in mora delovati preko tuljave. Vsebovali bodo eno vklopno in dve izklopni tuljavi, za nazivno napetost 110 V DC.

Mehanizem vsakega odklopnika bo opremljen s pomožnimi kontakti za delovanje, zapahovanje, lokalno indikacijo položaja, daljinsko krmiljenje in daljinsko indikacijo položaja.

Omogočal bo lokalno in daljinsko signalizacijo Vklopljenega/Testnega/Iz vlečenega položaja vozička.

4.2.3 Tokovni instrumentni transformatorji

Za lažjo zamenljivost odklopnikov se tokovne instrumentne transformatorje vgradi v kabelski prostor celice. Posamezen tokovnik bo sestavljen iz dveh oz. treh jeder.

Nazivni tok primarja:	Glede na enopolno shemo.
Nazivni tok sekundarja	5 A
Nazivna moč:	Glede na enopolno shemo

4.2.4 Napetostni instrumentni transformatorji

Napetostni instrumentni transformatorji bodo vgrajeni v dovodne celice, merilne celice in v generatorski celici.

Napetostni instrumentni transformatorji bodo ustrezali naslednjim zahtevam:

Nazivna napetost primarja 20 kV celic:	$20/\sqrt{3}$ kV – prevezljiv na $10/\sqrt{3}$ kV
Nazivna napetost sekundarja:	0,1/ $\sqrt{3}$ kV
Nazivna moč:	Glede na enopolno shemo

Napetostni instrumentni transformatorji bodo induktivnega tipa z napravo za nadzor feroresonance. Primerni bodo za trifazno priključitev v zvezdo z ozemljeno nevtralno točko. Vsako sekundarno navitje napetostnega instrumentnega transformatorja bo varovano s primernim instalacijskim odklopnikom vgrajenim v krmilni omarici.

4.2.5 Ozemljilni ločilniki

V celicah se predvidi ozemljilne naprave za ozemljitev polj. Vse ozemljilne naprave bodo za ročno posluževanje s tem, da bodo izvedene mehanske blokade med odklopnikom, izvlačljivim vozičkom na katerem bo montiran odklopnik in ločilnikom. Mehanizem ozemljilnih naprav bo vseboval pomožne kontakte za zapahovanje, ON/OFF lokalno in daljinsko signalizacijo. Indikacija položaja bo jasno vidna brez odpiranja vrat.

4.2.6 Odvodniki prenapetosti

Kot je prikazano na enopolni shemi, bodo v vseh dovodnih celicah ter na generatorski celici vgrajeni odvodniki prenapetosti.

4.2.7 Krmilna omarica

Krmilna omarica je sestavni del SN celice, nameščena v zgornjem delu na prednji strani vsake celice. V vsaki krmilni omarici celice se bodo nahajali elementi za:

- lokalno krmiljenje,
- zaščito,
- meritve.

4.3 GENERATOR

V TOŠ bo vgrajen trifazni štiripolni sinhronski turbogenerator z enosmernim tujim vzbujanjem. Generator bo zračno hlajen. Pri izdelavi generatorja so upoštevani standardi IEC 60034.

4.3.1 Stator

Ohišje statorja: Ohišje statorja je sestavljeno iz zvarjene jeklene konstrukcije, ki je izdelana na način, da učinkovito prenaša obremenitve (pri normalnem obratovanju in ob okvarah) na temelje ter nosi težo statorskega jedra z navitjem.

Oblika notranjosti statorskega ohišja tvori tudi kanale za dovajanje hladilnega medija do različnih delov generatorja. Oporniki statorskega ogrodja so razporejeni na način, da se doseže optimalen pretok hladilnega medija.

Feromagnetno jedro statorja: Lamelirano feromagnetno jedro statorja predstavlja enega glavnih magnetno aktivnih delov generatorja. Izdelano je iz dvostransko izolirane silicijeve jeklene pločevine z nizkimi izgubami. Temperaturno odporna izolacija razreda H je nanosena večplastno.

Posamezne lamele jedra so nameščene direktno v ohišje in pritrjene z nosilci v obliki lastovičjega repa na notranjem obodu, ki so priviti na opornike privarjene na ohišje. Privarjeni oporniki omogočajo absorpcijo sil, ki se med obratovanjem generatorja pojavljajo. Nosilci iz neferomagnetnega materiala so na koncih električno povezani, kar omogoča zaključevanje tokov, ki se v njih inducirajo. Za

optimalno naleganje med lamelami se v proizvodnem procesu uporablja postopek segrevanja in vibriranja (pod pritiskom).

Zaključne plošče na obeh straneh statorskega jedra so sestavljene iz več lamel, ki zmanjšujejo vrtnične izgube. Za povezavo služijo kompresijska prijemala iz nemagnetnega materiala. Sistem je zasnovan na način, ki omogoča enakomeren pritisk po celem preseku jedra (jarem in zobi).

Statorsko navitje: Trifazno statorsko navitje je zračno hlajeno s pomočjo ventilatorja na gredi rotorja. Posamezne palice so sestavljene iz več paralelnih bakrenih vodnikov. Glavna izolacija za bakrene vodnike statorskega navitja je iz traku na osnovi sljude in steklenih vlaken (micaglass) impregniranega s smolo (brez vsebnosti topil). Palice statorskega navitja izdelanega iz paralelnih medsebojno izoliranih vodnikov (po prej omenjenem postopku) so vakumsko impregnirane z epoksi smolo (brez vsebnosti topil). Na koncu postopka sledi sušenje pri povišani temperaturi.

Konci navitij so mehansko povezani na ohišje preko dvojnega togega sistema prstanov iz epoksi smole ojačene s steklenimi vlakni. Za pritrditev koncev navitja na podporni sistem so uporabljena prijemala, ki omogočajo prenos sil med obratovanjem generatorja na ohišje. Hkrati pa ta sistem omogoča potrebne vzdolžne premike, ki so posledica temperaturnih raztezkov, ki se pojavijo med obratovanjem generatorja.

Navitja statorskega paketa se zaključijo v šestih statorskih izvodih, ki se nahajajo v spodnjem delu generatorja na vzbujalni strani.

4.3.2 Rotor

Generator ima rotor z izraženimi poli iz lamelirane pločevine. Na vsaki strani rotorskega paketa je prevodna plošča za zagotavljanje mehanske trdnosti in kot kratkostični obroč dušilnega navitja.

V glavah izraženih polov so utori za dušilno navitje, ki je na obeh koncih zavarjeno prevodni plošči oz. kratkostična obroča. Dušilno navitje omogoča stabilnejše delovanje generatorja ob dinamičnih spremembah.

Vsaki pol nosi del vzbujalnega navitja, ki je narejeno iz ploščatega bakrenega vodnika. Sama navitja so impregnirana z epoksi smolo.

4.3.3 Ležaji generatorja

Rotor generatorja sloni na dveh radialnih drsnih ležajih. Ležaja sta nameščena na obeh koncih rotorja.

Ležaj je sestavljen iz ohišja in drsnih oblog. Drsne obloge je v primeru obrabe ali okvare možno zamenjati. Olje za mazanje generatorskega ležaja se dovaja iz istega sistema, kot olje za mazanje turbinskih ležajev. Za aksialno pozicijo rotorja poskrbi aksialni ležaj turbinske enote.

Vsi ležaji generatorja in turbine so električno izolirani, s čimer se zmanjšajo ležajni tokovi.

4.3.4 Hlajenje

Generator bo hlajen z ventilacijskim sistemom. Centrifugalni ventilator bo vgrajen med statorskim navitjem in prednjim ležajem. Vhod zraka bo na zadnji strani generatorja, izpuh pa na strani turbine

4.3.5 Vzbujanje

Vzbujevalni sistem je brez ščetk in samovzbuden s pomočjo permanentnih magnetov.

Vzbujevalni sistem generatorja je montiran na sprednji – ne gnani strani generatorja, stator vzbujevalnega sistema sloni na nosilni konstrukciji, rotorsko navitje je vtisnjeno na gred generatorja.

Vzbujevalni sistem je invertiran 3-fazni AC generator, opremljen z rotirajočimi 3-fazni usmernikom, ki da na izhodu kontrolirano DC napetost. Elektronski regulator dobi informacijo o napetosti in toku generatorja iz tokokroga za detekcijo iz dveh pomožnih navitij, vgrajenih v glavno statorsko navitje. Napetost prvega navitja je proporcionalno napetosti generatorja. Napetost drugega navitja je proporcionalna statorskemu toku generatorja. Trajni magneti so vgrajeni v statorsko navitje vzbujalnega sistema.

4.3.6 Sinhronizacija

Za sinhronizacijo generatorja omrežjem bo služila sinhronizacijska naprava. Opremljena bo s synhrocheckom, ki vklopi odklopnik, ko so izpolnjeni vsi sinhronizacijski pogoji.

Sinhronizacijska naprava bo opremljena z dvo-kanalnim sistemom, ki preprečuje slučajno zatajitev sinhronizacijske naprave. Naprava bo omogočala tudi ročni vklop sinhronizacije.

Sinhronizator bo deloval v naslednjem območju:

- 0 do $1,3 \cdot U_n$,
- faznega pomika od -179° do 180° el.,
- frekvenčno območje od 20 do 100 Hz,
- slip od 0-20 % in
- vklopni čas odklopnika od 0 do 999 ms.

V času normalnega obratovalnega stanja bo sinhronizacijska naprava delovala na odklopnik –Q0 v polju =AJA06 SN stikališča.

V primeru, ko bo generator prešel iz otočnega načina obratovanja na omrežni način, se bo izvedla sinhronizacija na odklopnikih –Q0 v poljih =AJD01 ali =AJD15. Mesto sinhronizacije (ustrezni odklopnik in NIT) se izbere s preklopko na omari sinhronizacije ali pa v SCADA sistemu vodenja agregata.

4.4 TRANSFORMATORJI

SN navitja transformatorjev bodo prevezljiva in dimenzionirana tako, da bodo omogočala priključitev na 10 kV ali 20 kV napetostni nivo. To ne velja za blok transformator, ki bo imel prestavno razmerje 20/10 kV in TR LR 20/0,4 kV.

Zvezdišče posameznega transformatorja bo na sekundarni strani dimenzionirano za nazivno obremenitev in polno napetost.

Jedra transformatorjev bodo izdelana iz lamelirane hladno valjane orientirane pločevine z nizkimi specifičnimi izgubami. Lamele bodo površinsko izolirane z ustrezno izolacijo, ki je stabilna pri vseh pogojih delovanja (vroče olje ali zrak).

Transformatorji bo opremljen z odcepnim preklopnikom za regulacijo napetosti na SN strani v obsegu $\pm 2 \times 2,5 \%$. Spreminjanje položaja regulacijskega stikala je predvideno v breznapetostnem stanju. Transformatorji bodo ustrezno dimenzionirani, da se ohranja nazivna moč v vseh položajih regulacijskega stikala.

4.4.1 Oljni transformatorji

Vsi novi transformatorji razen transformatorja lastne porabe kogeneracije bodo oljni transformatorji.

Transformatorji bodo načrtovani in izvedeni po najnovejših dognanjih za tako opremo. Vse naprave in materiali bodo novi in bodo ustrezali klimatskim in obratovalnim pogojem mikro lokacije.

Pri načrtovanju naprav transformatorjev se bodo upoštevali naslednji pogoji in zahteve:

- dimenzije transformatorjev bodo ustrezale predvidenim prostorom namestitve;
- predvidena postavitev transformatorja bo upoštevala predvidene priključitve posameznih transformatorjev;
- transformatorji bodo načrtovani tako, da zagotavljajo čim manjše pojavljanje harmonskih napetosti in visoko frekvenčnih pojavov;
- transformatorji bodo skonstruirani kot trifazni jedrni transformatorji za zunanjo montažo.

Za izdelavo navitij in ostalih delov pod napetostjo bo uporabljen elektrolitski baker visoke prevodnosti z izolacijo razreda A po IEC 60076-3. Za izolacijo navitij bo uporabljen papir. Pri načrtovanju in izdelavi navitij bodo upoštevane vse električne in mehanske obremenitve v obratovanju; obremenitve v normalnih in izjemnih pogojih obratovanja.

Navitja transformatorjev bodo izolirana s kakovostno papirno izolacijo, ki mora izkazovati ustrezno stopnjo polimerizacije. Aktivni del transformatorja bo potopljen v kotel polnjen z oljem, ki bo imel funkcijo izolacijskega in hladilnega medija.

Magnetno jedro bo izdelano iz kvalitetne orientirane pločevine visoke magnetne permeabilnosti, nizkega koeficienta histereze in majhnih specifičnih izgub ca. 0,35 W/kg pri 1T.

Transformatorski kotel bo iz varjene konstrukcije, izdelan iz visoko natezno odpornih jeklenih plošč. Izveden bo tako, da tudi polna obremenitev pri montaži, dvigovanju, premikanju in obratovanju ne bo povzročila preobremenitve kateregakoli dela ali elementa. Zgornji rob kotla bo oblikovan kot prirobnica za vijačeni in tesnjeni spoj s pokrovom transformatorja. Na pokrovu bodo nameščeni skozniki VN in SN navitij, revizijske odprtine ter priključki za konzervator. Kotel bo popolnoma olje tesen. Izveden bo preizkus nadtlaka in podtlaka.

Transformatorji bodo zračno hlajeni s hladilnim sistemom ONAN ali ONAF, izvedenim s hladilnimi elementi – radiatorji. Hladilni elementi so nameščeni na kotlu transformatorja.

V energetskih transformatorjih se uporabi mineralno izolacijsko olje, ki ne vsebuje PCB. Upošteva se karakteristike po IEC 60296 predpisih. Lastnosti olja se preverijo po standardnih IEC metodah.

Olje se bo zbiral v obstoječih lovilnih skledah pod transformatorji. Med zamenjavo transformatorjev se v obstoječe lovilne sklede vgradi INOX korita, da se zagotovi oljotesnost lovilnih skled.

Vsak transformator bo opremljen s konzervatorjem, Buchholz relejem, kontaktnim termometrom in indikatorjem nivoja olja.

Kotel bo opremljen z ventili za izpust olja. Ravno tako bo imel kotel tri čepe za ugotavljanje kvalitete olja (zgornji, srednji in spodnji nivo olja). Kotel bo imel tudi dva diagonalna priključka za sušenje in čiščenje olja.

4.4.2 Suhi transformator

Transformator bo ustrezal sledečim zahtevam:

- okoljski razred E2 (pogosto kondenziranje vlage, pogosto onesnaževanje ali oboje);
- klimatski razred C2 (TR je primeren za obratovanje pri temperaturah okolice do -25°C);
- odpornost na gorenje F1 (TR je predmet požarne ogroženosti, zahtevana je omejena gorljivost, emisija strupenih snovi in neprosojnega dima mora biti minimalna);
- izvedba z manjšimi izgubami;
- izvedba z nižanim nivojem šuma.

Navitja bodo izdelana iz aluminijaste folije ter izolirana z mešanico epoksidne smole in kremenčevega prahu. Ta material je:

- okolju prijazen;
- ne potrebuje vzdrževanja;
- odporen na vlago;
- negorljiv in samougasljiv;
- ne sprošča strupenih plinov v primeru obloka.

Navitja so vpeta med prožne distančnike, ki zagotavljajo učinkovito dušenje vibracij, tako iz železnega jedra kot tudi medsebojno med navitji.

Transformator bo do svoje nazivne moči hlajen brez prisilnega kroženja zraka okoli navitij transformatorja. Za morebitno trenutno kratkotrajno povečanje moči nad nazivno moč pa bodo za prisilno prezračevanje vgrajeni radialni ventilatorji za prisilno kroženje zraka okoli navitij.

4.5 KABELSKKE POVEZAVE

Položeni bodo energetski kabli za 20 kV napetostni nivo izolacije.

Zaradi poenotenja kabelskih povezav in enostavnega vzdrževanja se uporabijo enožilni 20 kV kabli z XLPE izolacijo tipa N2XS(FL)2Y 3x1x240 mm² RM 25 mm².

Kabli bodo položeni po kabelskih policah ali kabelskih kanalih.

Trasa novih kablovodov se bo podrobneje obdelala v kasnejših fazah projektne dokumentacije.

4.6 OPREMA VODENJA, ZAŠČITE IN ŠTEVČNIH MERITEV

SN stikališča je zasnovan kot daljinsko voden objekt brez posadke. Vsa zaščita, blokade, pogoni in naprave za vzdrževanje obratovalne pripravljenosti bodo neodvisne od načina in vodenja postaje. V stikališču sta predvidena dva nivoja sistema vodenja:

- lokalno vodenje;
- daljinsko vodenje;

4.6.1 Lokalno vodenje

Vsak odklopnik bo imel električno posluževanje preko krmilne omarice na celici. Lokalno krmiljenje preko krmilne omarice bo izvedeno preko LCD grafičnega zaslona kombinirane enote lokalnega vodenja in zaščite. LCD grafični zaslon bo prikazoval enopolno shemo polja s prikazom položajev elementov (vklopljen/izklopljen) in bo povezan z nadzornim SCADA sistemom.

Na vratih krmilne omarice se predvidi preklopko Lokalno/Daljinsko za krmiljenje odklopnikov.

4.6.2 Daljinsko vodenje

Daljinsko vodenje SN stikališč se bo vršilo iz komandnega prostora TOŠ.

Posamezne kombinirane enote lokalnega vodenja in zaščite bodo preko mrežnega stikala povezane na SCADA računalnik stikališča. Vsa komunikacija temelji na komunikacijskem protokolu IEC 61850 preko optičnih povezav.

Kombinirane enote vodenja in zaščite bodo omogočale, da se bodo iz procesnega nivoja na nadzorni sistem uporabnika prenašali vsi podatki, ki zagotavljajo najmanj naslednje SCADA funkcije: prikaz položajne signalizacije, prikaz napetosti, tokov in frekvence, nadzor nad temperaturo transformatorjev, prikaz

signalov stanja in delovanja zaščit, ki so nameščene v posameznih SN celicah, parametriranje, alarmiranje, zgodovina (trendi), dogodki, poročila ...

4.6.3 Zaščita

Zaščita posameznih odvodov bo nameščena v krmilni omarici posamezne celice kot kombinirana enota lokalnega krmiljenja in zaščite.

Relejna zaščita bo sestavljena iz:

- zaščite dovodnih celic,
- zaščite transformatorskih celic,

Vsi zaščitni releji bodo omogočali komunikacijo s sistemom vodenja in sistemom za ovrednotenje zaščitnih podatkov.

Zaščitni releji bodo opremljeni s testno vtičnico RXP24.

SN stikališča so zasnovana kot daljinsko voden objekt. Vse zaščita, blokade, pogoni in naprave za vzdrževanje obratovalne pripravljenosti bodo neodvisne od načina vodenja stikališča.

4.6.4 Števnice meritve

Obračunske meritve:

Mikroprocesorski števeci bodo razreda točnosti C ali 0.5 za delovno energijo in razred 2 za jalovo energijo z možnostjo avtomatske korekcije pogreškov merilnih transformatorjev. Števec bo omogočal:

- merjenje in registracijo 15 minutnih vrednosti delovne in jalove energije;
- merjenje in registracijo osnovnih parametrov kakovosti dobave;
- dvosmerno merjenje električne energije z ločenim merjenjem prejete in oddane energije;
- lokalni pomnilnik registriranih vrednosti za zadnjih 40 dni;
- lokalni pomnilnik obračunskih vrednosti za zadnjih 12 mesecev;
- prikaz izmerjenih veličin in ostalih parametrov na displayu;
- integriran in prigraden komunikacijski vmesnik;
- daljinski prenos podatkov do SODO;
- daljinsko sinhronizacijo točnega časa preko sistema za zajem števnih meritev;
- dva neodvisna komunikacijska izhoda, od katerih je eden namenjen za potrebe daljinskega merjenja električne energije SODO, eden pa je na razpolago za potrebe investitorja.

Za obračunske meritve (po SONDO shema P4.2) se namestijo:

- števeci P1 za merjenje lastnega odjema TOŠ na merilnih celicah TP 768-TOŠ2 (AJM03 in AJM14);

- števci P2 za merjenje proizvodnje generatorja na celicah za priklop generatorja kogeneracije (AJA01 in AJA16):
- števec P4 za merjenje lastne porabe kogeneracije pri transformatorju BBT03.

Števci bodo vgrajeni v omarico v skladu s tipizacijo merilnih mest SONDO.

Kontrolne meritve:

Kompaktni merilniki za nadzor porabe električne energije (meritve toka, napetosti, delovne in jalove moči, $\cos \varphi$, frekvenca,...) bodo vgrajeni v krmilno omarico SN celic na vseh transformatorskih celicah.

Kompaktni merilnik se mora preko ustreznega komunikacijskega protokola priključiti na pripadajoč PLC krmilnik. Vsak merilnik bo povezan tako, da se po izklopu le tega, na nadzornem sistemu ne bo prikazovala prisotnost napetosti.

4.6.5 Preklopna avtomatika

TOŠ je lahko z distribucijskim SN sistemom naenkrat povezana samo preko enega kablovoda (razen v izrednih primerih, ko sta v dogovoru z dispečersko službo SODO vključena oba kablovoda). Zato je potrebno v primeru preklopa iz enega kablovoda na drugi kablovod (npr. v primeru napake na enem od kablovodov) s pomočjo preklopne avtomatike izvesti ustrezne stikalne manipulacije, ki bodo v čim manjši meri povzročile prekinitev napajanja porabnikov v TOŠ.

Delovanje preklopne avtomatike je blokirano v primeru obratovanja agregata s plinsko turbino.

Sistem bo tako imel naslednje funkcije:

- brez prekinitveni prekop v normalnem obratovanju (brez prekinitve);
- hitri prekop pri okvarah napajanja na dovodnih kablovodih (s prekinitvijo);
- blokada preklopa pri okvarah na 20 kV odklopnikih;
- blokada preklopa, če obratuje generator kogeneracije;
- shranjevanje signalov ob prekopih ali napakah;
- lokalno in daljinsko vodenje;
- avtomatsko testiranje.

Avtomatika sistema bo temeljila na sodobnem mikroprocesorskem sistemu. Merjenje napetostnih razmer na 20 kV zbiralkah bo potekalo preko napetostnih instrumentnih transformatorjev v merilnih poljih in napetostnih instrumentnih transformatorjih v dovodnih celicah 20 kV stikališča.

4.7 LASTNA PORABA

Lastna poraba 0,4 kV kogeneracije se bo napajala iz SN stikališča preko transformatorja lastne porabe BBT03.

Nujna lastna poraba 0,4 kV bo v normalnem obratovalnem stanju priključena na lastno porabo 0,4 kV, v primeru izpada le-te pa se bo napajala preko diesel agregata.

Zahteve za razvod lastne porabe so:

- razdelilec bo dimenzioniran na nazivni tok transformatorja lastne porabe;
- ob izpadu transformatorja lastne porabe TR LR napajanje nujne lastne porabe prevzame diesel agregat. Ostali porabniki so takrat brez vira napajanja;
- trajno paralelno obratovanje diesel agregata z drugimi viri ni dovoljeno (razen v času testiranja);
- za preklope virov napajanja skrbi preklopna avtomatika;
- vsi razdelilci bodo prostostoječi in kovinsko oklopljeni z izvlečljivimi elementi, modularne izvedbe in tipsko testirani;
- odklopniki bodo izvlečljive izvedbe na ročni ali motorski pogon;
- povezava od transformatorja lastne porabe do razvoda lastne porabe bo izvedena z 0,4 kV zbiralničnimi povezavami.

Za priključevanje NN porabnikov so predvideni kabli tipa NYY-J in NYY ustreznega preseka.

Dimenzioniranje kablov do posameznih NN porabnikov v tej fazi projekta ni izvedeno, ker niso znane dolžine in potek tras kabelskih vodov, način polaganja kablov (kabelske police, cevna kanalizacija, število kablov na policah in ceveh,...) ter končni seznam porabnikov. Podrobno dimenzioniranje kablov in tudi ustrezno varovanje in zaščita ljudi, opreme in kablov bo izvedena v projektu za izvedbo.

4.8 DIESEL AGREGAT

V primeru izpada sistemov splošne lastne porabe, je za namen napajanja pomembnih električnih porabnikov, ki so priključeni na lastno porabo kogeneracije vgrajen diesel agregat. V primeru zagona diesel agregata se poraba kogeneracije zmanjša na potreben minimum.

Glavna razdelilna plošča razvoda lastne porabe 0,4 kV bo opremljena s preklopno avtomatiko, ki nadzoruje vse vire in porabnike splošne lastne porabe. V primeru izpada transformatorja TR LR, bo lastna poraba izolirana od nujne lastne porabe, ki jo bo napajal diesel agregat. Nadzor in krmiljenje preklopne avtomatike se vrši preko zaslona občutljivega na dotik.

Predvidi se zapahovanje za preprečitev povezave diesel agregata na zbiralčni sistem v primeru napake na diesel agregatu ali na zbiralnicah.

Za potrebe testiranja bo imel diesel agregat možnost lokalnega (ročnega) zagona.

Sistem bo omogočal sinhronizirane brezprekinitvene preklope med mrežnim in generatorskim virom v smislu naslednjih funkcij:

- ob povratku napetosti mrežnega vira se izvršiti prekop nazaj na mrežni vir brez prekinitve (sinhroniziran prekop);
- sistem omogoča bremensko testiranje agregata s sinhroniziranimi brezprekinitvenimi preklopi v obe smeri (prekop iz mrežnega na generatorski vir in obratno) brez motenja porabnikov.

Diesel generatorski komplet bo nameščen na mestu obstoječega diesel agregata diesel. Diesel generatorski prostor bo primerno hlajen in prezračevan.

Komplet se sestoji iz diesel generatorske enote, sistema za napajanje z gorivom, sistema za prezračevanje in hlajenje ter komandne omare z avtomatiko in zaščito. Avtomatika v komandni omari omogoča avtomatski zagon agregata ob izpadu mrežne napetosti.

Komandna omara agregata vsebuje polnilec akumulatorjev tako, da so ti stalno pripravljeni za delovanje. Za obratovanje porabnikov lastne porabe je predviden energetski dovod iz razdelilca lastne porabe.

Rezervoar za gorivo je dvoplaščne izvedbe, integriran v podstavek diesel agregata, s čimer je zagotovljena varnost pred iztokom. Rezervoar ima kapaciteto goriva za 8 urno obratovanje.

Predvidena je zaščita pred tokovno preobremenitvijo, kratkim stikom in prenapetostmi. V komandni omari so izvedene naslednje meritve in signalizacija:

- fazne in medfazne napetosti, napetost AKU baterije,
- tok generatorja in AKU baterije,
- frekvenca generatorja,
- signalizacija, ki zajema:
 - previsoko temperaturo motorja,
 - prenizek pritisk olja,
 - preveliko število obratov diesel motorja,
 - prenizko napetost akumulatorja in izpad napetosti akumulatorja,
 - nizek nivo goriva v rezervoarju,
 - Izpad agregata (zaustavitev ali neuspeh zagon).

4.9 OZEMLJITVE

V TOŠ je izvedena osnovna, tehnološka in potencialna ozemljilna mreža.

Osnovno ozemljilno mrežo predstavljajo ozemljitve celotnega območja TOŠ.

Tehnološko ozemljitev predstavljajo ozemljitve primarne opreme, ki jo le-ta zahteva za svoje delovanje. Sem spadajo:

- ozemljitve nevtralnih točk transformatorjev;
- ozemljitve odvodnikov;

- ozemljitve tokovnih instrumentnih transformatorjev;
- ozemljitve napetostnih instrumentnih transformatorjev;
- ozemljilniki v SN stikališču.

Tehnološka ozemljilna mreža je povezana na osnovno ozemljilno mrežo.

Potencialna ozemljitev je namenjena izenačevanju potenciala, da se prepreči pojav človeku nevarne napetosti (napetost koraka in dotika) na glavni in pomožni opremi stikališča.

Ozemljitev tako predstavlja:

- ozemljilni obroč okoli objektov za izenačitev potenciala v globini 0.8 m;
- vertikalni priključki ozemljil s povezavami med seboj na fasadi objekta in znotraj objektov;
- izenačevanje potencialov znotraj objekta z ozemljilnimi trakovi po stenah s povezavami na osnovo ozemljitev.

Tehnološko ozemljilno mrežo se bo med izgradnjo SN stikališča in novih transformatorskih prostorov po potrebi dopolnilo.

4.10 GRADBENA IN ELEKTROMONTAŽNA DELA

V sklopu prehoda na 20 kV napetostni nivo se bodo izvajala naslednja glavna dela:

- gradbena dela;
- elektromontažna dela;
- spuščanje v pogon.

4.10.1 Gradbena dela

Zemeljska dela

Zemeljska dela so naslednja:

- izkopi za temelj novega transformatorskega boksa z zbirno skledo za olje;
- izkopi za cevno kabelsko kanalizacijo in ozemljitve;
- končna ureditev okolice.

Armiranobetonska dela

Armiranobetonska dela so:

- transformatorski boks z zbirno skledo za olje za transformator generatorja kogeneracije;
- izdelava kabelske kanalizacije;
- izdelava izvrtin v AB ploščo za potrebe montaže SN stikališča in SN kablov;

- izdelava ojačitev obstoječe AB plošče SN stikališča.

Ključavničarska dela

Izvedejo se sledeča dela:

- izdelava in montaža INOX lovilnih skled v obstoječih transformatorskih prostorih;
- izdelava in montaža kovinskih ojačitev nosilnih plošč v obstoječih transformatorskih prostorih;
- razširitev hladilnih odprtin;
- izdelava žičnih vrat na obstoječih in novem TR boksu;
- zamenjava žičnih vrat pri TR boksih za transformatorje SN/6 kV.

4.10.2 Elektromontažna dela

Elektromontažna dela so naslednja:

- dopolnitev ozemljilne mreže za potrebe priključitve nove opreme;
- montaža SN stikališč;
- postavitve in priključevanje energetske TR;
- polaganje in priključevanje energetskih kablov;
- ozemljitve vseh kovinskih konstrukcij.
- montaža opreme vodenja, zaščite in števnih meritev novih SN stikališč;
- montaža opreme lastne porabe SN stikališč;
- demontaža 10 kV stikališč;

4.10.3 Spuščanje v obratovanje

Spuščanje v obratovanje vsebuje vse aktivnosti, ki so potrebne za zanesljivo in varno obratovanje naprav in sistemov, ki so predmet rekonstrukcije stikališča:

- vizualni pregled vgrajenih naprav;
- funkcionalni pregled posameznih elementov;
- meritve SN kablov;
- vključitev novih naprav v sistem vodenja in zaščite;
- testiranje sistemov vodenja in zaščite iz vseh nivojev;
- preverjanje delovanja po projektni dokumentaciji in navodilih za obratovanje;
- vnašanje morebitnih dopolnitev v projektno dokumentacijo;
- izdelava vseh potrebnih meritev in nastavitev;
- zapisnik o spuščanju v obratovanje.

4.10.4 Časovni potek izvedbe del

Operativni začetek zamenjave opreme v TOŠ je pogojen z:

- uspešno zaključenim izborom izvajalca del (javni razpis);
- dobavnimi roki opreme, ki so predmet zamenjave;
- čim krajšimi prekinitvami obratovanja energetskih naprav, ki so predmet zamenjave;

Dobavni roki za opremo so:

- energetski transformatorji - 6 mesecev;
- novo SN stikališče - 4 mesece;
- energetski kabli za 24 kV z zaključki - 1 mesec.

Demontažna in elektromontažna dela:

V pripravljala dela sodijo skrbno pripravljena navodila za prehod obratovanja naprav s čim krajšimi prekinitvami napajanja porabnikov z električno energijo. V ta namen bo potrebno skrbno in konstruktivno sodelovanje obratovalnih služb v TOŠ in vodjo obnovitvenih del.

Pogoj za kvalitetno in pravočasno izvedbo del je izbira primernega izvajalca elektromontažnih in obrtniških del.

Posamezen sklop novega SN stikališča mora biti postavljen in preizkušen že pred pričetkom prevezave prve transformatorske enote iz obstoječih stikališč na novo stikališče. Sistem vodenja in zaščite novega stikališča mora biti funkcionalen v celoti.

Zamenjava obstoječih energetskih transformatorjev z novimi naj bi bila postopna, skladno z obratovalnimi navodili TOŠ.

Pred priključitvijo novega SN stikališča na javno distribucijsko omrežje bo potrebno v sodelovanju z Elektrom Ljubljana izvesti interni tehnični pregled ter obvestiti energetskega inšpektorja. Po končanih delih bo potrebno pridobiti tudi uporabno dovoljenje.

5 DIMENZIONIRANJE

5.1 IZHODIŠČA ZA OSNOVNE IZRAČUNE

Kot osnovno izhodišče za izračune je bila upoštevana enopolna shema SN stikališč. Poleg tega se je za dimenzioniranje elektro opreme upoštevalo še:

- izbrani napetostni nivoji in pripadajoče stopnje izolacije;
- izračuni pretokov moči in kratkostični izračuni iz idejnega projekta.

V idejnih zasnovah je izvedeno samo osnovno dimenzioniranje opreme. Podrobno dimenzioniranje opreme se bo izvedlo v fazah PGD in PZI, ko bodo znani natančni parametri opreme.

5.1.1 Nazivne razmere

Predvidena 20 kV oprema v TOŠ mora ustrezati nazivnim razmeram, ki so izračunane v predhodnih poglavjih. Pri izračunih so upoštevane nazivne moči transformatorjev, prenosne zmogljivosti kablovodov in predvidena obremenitev stikališča.

Tabela 1: Nazivna bremena 20 kV stikališča

Poz.	Opis porabnika	S_n	I_n (pri 20 kV)	I_n (pri 10 kV)
		(kVA)	(A)	(A)
=AJA01	Generator kogeneracije	9.400	274	542
=AJD02	KB RTP Bežigrad	16/5,68	462	328
=AJM03	Meritve	-	-	-
=AJT04	BBT01	4.000	115	230
=AJT05	BBT02	2.000	58	116
=AJT06	Rezerva	-	-	-
=AJA07	Rezerva	-	-	-
=AJZ08	Zvezno polje	-	1.250	1.250
=AJZ09	Zvezno polje	-	-	-
=AJT10	Rezerva	-	-	-
=AJT11	BBT04	2.000	58	116
=AJT12	BBT05	2.000	58	116
=AJT13	BBT06	4.000	115	230
=AJM14	Meritve	-	-	-
=AJD15	KB RTP Litostroj	16/8	462	462
=AJA16	Generator kogeneracije	9.400	274	542

5.1.2 Kratkostične razmere

Za dimenzioniranje opreme se uporabijo spodnje vrednosti 3-polnih kratkih stikov:

20 kV napetostni nivo:

$$S''_K = 318,00 \text{ MVA}$$

$$I''_K = 9,18 \text{ kA}$$

$$I''_p = 21,81 \text{ kA}$$

$$I_K = 7,70 \text{ kA}$$

$$I_{th} (1s) = 9,29 \text{ kA}$$

10 kV napetostni nivo:

$$S''_K = 275,57 \text{ MVA}$$

$$I''_K = 15,91 \text{ kA}$$

$$I''_p = 34,34 \text{ kA}$$

$$I_K = 13,13 \text{ kA}$$

$$I_{th} (1s) = 16,04 \text{ kA}$$

0,4 kV napetostni nivo:

$$S''_K = 44,38 \text{ MVA}$$

$$I''_K = 64,06 \text{ kA}$$

$$I''_p = 140,85 \text{ kA}$$

$$I_K = 46,12 \text{ kA}$$

$$I_{th} (1s) = 57,73 \text{ kA}$$

5.2 IZBIRA 20 kV OPREME STIKALIŠČA TP 768-TOŠ2

Vsa vgrajena oprema v 20 kV stikališču mora ustrezati nazivnim in kratkostičnim razmeram na objektu.

5.2.1 Obratovalni pogoji

Postavitev	notranja izvedba in montaža
Nadmorska višina	do 1.000 m
Temperatura okolice:	
Maksimalna	40°C
Minimalna	-5°C
Relativna vlažnost	95 %

5.2.2 Nazivni podatki stikališča

Nazivna napetost U_n	20 kV
Maksimalna obratovalna napetost U_m	24 kV
Izolacijski nivo	24Si 50/125 kV
Nazivna frekvenca f	50 Hz
Število faz	3
Zdržna kratkotrajna napetost 1 min, 50 Hz	50 kV
Zdržna atmosferska udarna napetost 1,2/50 μ s	125 kV

Nazivni tok zbiralk I_n	1250 A
---------------------------	--------

Kratkostični izklopilni tok (1 s)	25 kA
Kratkostični udarni tok	63 kA

5.2.1 Izvlačljivi odklopnik

Maksimalna obratovalna napetost U_m	24 kV
---------------------------------------	-------

Nazivni tok I_n :

=AJT04, =AJT05, =AJT06, =AJT10, =AJT11, =AJT12, =AJT13	630 A
---	-------

=AJA01, =AJD02, =AJA07, =AJZ08, =AJD15, =AJA16	1250 A
---	--------

Kratkostični izklopilni tok (1 s)	25 kA
Kratkostični udarni tok	63 kA

5.2.2 Zbiralke

Nazivni tok zbiralk I_n	1250 A
Material	baker Cu-ETP R 300
Prerez	min 100x5 mm
Postavitev	vertikalna

5.2.3 Odvodniki prenapetosti 20 kV

Za zaščito dovodnih kablov od distribucijskega omrežja do 20 kV celic so predvideni ZnO prenapetostni odvodniki z naslednjimi karakteristikami:

Najvišja dovoljena sistemska napetost U_m	24 kV
Nazivna napetost prenap. odvodnika U_r	24 kV
Najvišja trajna obratovalna napetost U_c	19,5 kV
Nazivni praznilni tok 8/20 μ s	10 kA
Sposobnost absorpcije energije	class 2 5,5 kJ/kV

5.2.4 20 kV kabelske povezave

Zaradi poenotenja kabelskih vodov in ostale kabelske opreme izberemo enoten prerez 20 kV kablovodov. Maksimalni tok, ki bo tekel po katerem od kablovodov znaša 542 A – celica blok transformatorja 01BAT01 oz. generatorja z močjo 9.400 kVA na 10 kV strani TR.

Maksimalna obratovalna napetost U_m	24 kV
Tip kabla	N2XS(FL)2Y 3x1x240 mm ² RM 25 mm ²
Maksimalni dopustni tok kabla	625 A (položen po polici) 610 A (položen v tleh)

Za povezavo 1250 A zbiralk Sistema I in Sistema II se v zveznem polju uporabi kabel:

Maksimalna obratovalna napetost U_m	24 kV
Tip kabla	N2XS(FL)2Y 3x3x1x240 mm ² RM 25 mm ²
Maksimalni dopustni tok kabla	1875 A (položen po polici)

5.3 IZBIRA GENERATORJA

Nazivni podatki generatorja:

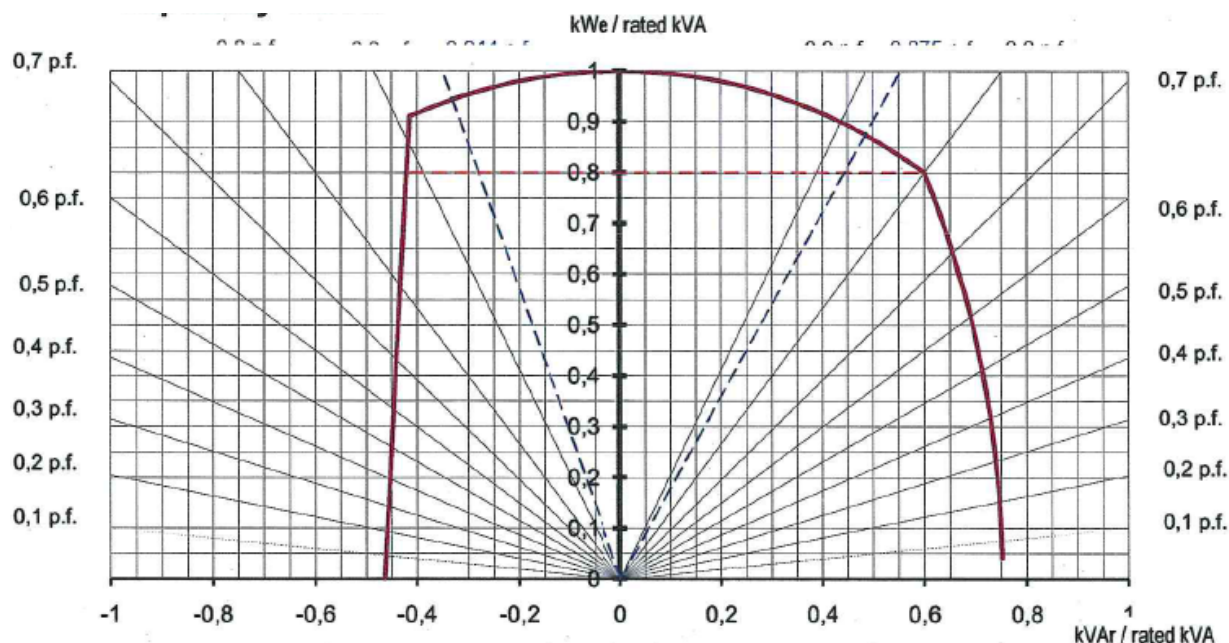
Navidezna moč generatorja	$S_n = 9,4$ MVA
Delovna moč generatorja	$P_n = 7,52$ MW
Nazivna napetost generatorja (+ 5.0% / - 5.0%)	$U_n = 10,5$ kV
Nazivni tok	$I_n = 517$ A
Nazivni faktor moči	$\cos \varphi = 0,8$
Nazivna frekvenca (+ 2.0% / - 2.0%)	$f_n = 50$ Hz

Nazivna vrtilna hitrost	$n_n = 1500 \text{ 1/min}$
Nazivni izkoristek	$\eta_n = 97,4 \%$
Razred izolacije navitja	H
Zvezdišče generatorja	izolirano
Vzbujanje	brez krtačk (brushless)

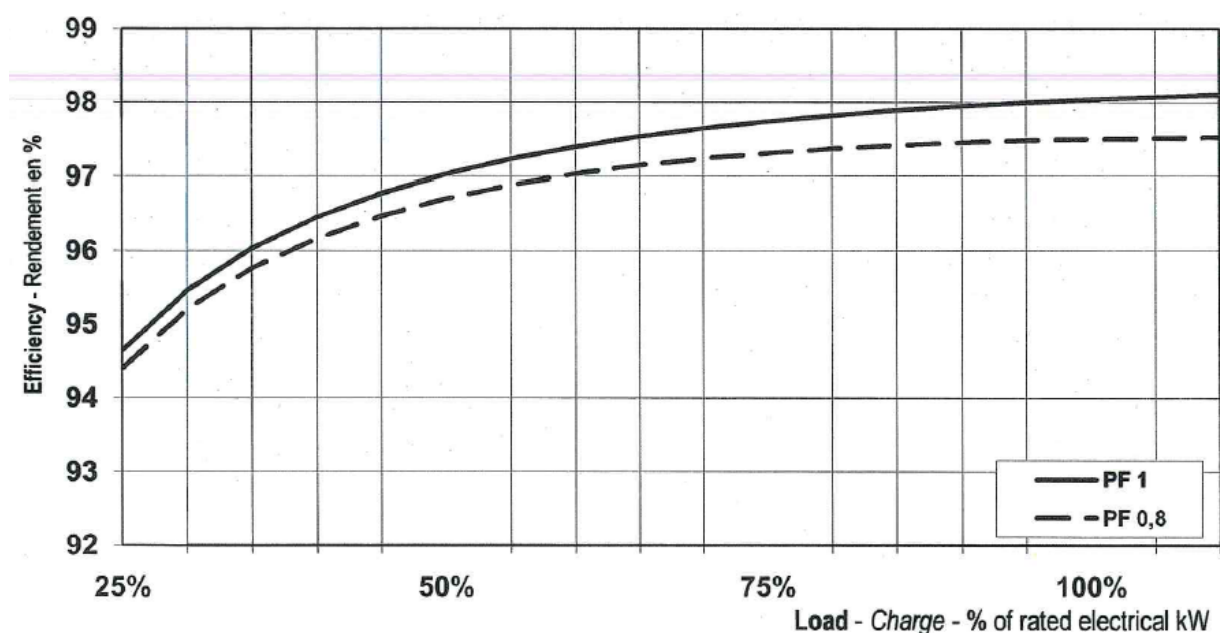
Sinhronska reaktanca	$x_d = 1,93$
Tranzientna (prehodna) reaktanca	$x'_d = 0,244$
Subtranzientna (začetna) reaktanca	$x''_d = 0,174$
Tranzientna časovna konstanta (prosti tek)	$T'_{do} = 4,724 \text{ s}$
Tranzientna časovna konstanta (kratek stik)	$T'_d = 0,598 \text{ s}$
Subtranzientna časovna konstanta (prosti tek)	$T''_{do} = 0,052 \text{ s}$
Subtranzientna časovna konstanta (kratek stik)	$T''_d = 0,037 \text{ s}$
Kratkostična časovna konstanta vzbujalnega navitja	$T_a = 0,144 \text{ s}$

Masa generatorja	19 t
------------------	------

Obratovalni diagram generatorja:



Izkoristek:



5.4 IZBIRA TRANSFORMATORJEV

5.4.1 Transformatorji 10(20)/0,4 kV

Za izbiro ustrezne moči transformatorjev je pomemben podatek trenutna in predvidena obremenitev obstoječih transformatorjev.

Glede na rezultate izračunov pretokov moči in omejitve se obstoječe transformatorje:

- TR1 10/0,4 kV, 1,25 MVA;
- TR2 10/0,4 kV, 1,25 MVA;
- TR3 10/0,4 kV, 0,4 MVA;

nadomesti z:

Količina	3 kos
Tip transformatorja	oljni transformator
Prestavno razmerje	10(20) ± 2x2,5 % / 0,4 kV
Nazivna moč	2.000 kVA
u_k	6 %
Vezava	Dyn5
Hlajenje	ONAN

Dimenzije (DxŠxV): 2200x1200x2200 mm

Teža:	4.600 kg
Teža olja	880 kg

Obstoječi suhi transformator TR LR 10/0,4 kV, 1.000 kVA se nadomesti z novim suhim transformatorjem:

Tip transformatorja	suhi transformator
Prestavno razmerje	$20 \pm 2 \times 2,5 \% / 0,4 \text{ kV}$
Nazivna moč	1.000 kVA
u_k	6 %
Vezava	Dzn0
Hlajenje	ANAF

Dimenzije (DxŠxV):	1850x1310x2150 mm
Teža:	4.500 kg

5.4.2 Transformatorji 10(20)/6 kV

Obstoječa transformatorja TR1 in TR2 10/6 kV, 4.000 kV se nadomesti z novima prevezljivima transformatorjema:

Količina	2 kos
Tip transformatorja	oljni transformator
Prestavno razmerje	$10(20) \pm 2 \times 2,5 \% / 6 \text{ kV}$
Nazivna moč	4.000 kVA
u_k	6,5 %
Vezava	Dyn5
Hlajenje	ONAN

Dimenzije (DxŠxV):	2300x1800x2200 mm
Teža:	12.000 kg
Teža olja	2.800 kg

5.4.3 Transformatorji 20/10 kV

Generator kogeneracije bo imel nazivno moč 9.400 kW in nazivno napetost 10,5 kV. Za priklop generatorja na 20 kV omrežje se bo vgradilo:

Tip transformatorja	oljni transformator
Prestavno razmerje	$20 \pm 2 \times 2,5 \% / 10 \text{ kV}$
Nazivna moč	10.500 kVA
u_k	8 %
Vezava	YNd5
Hlajenje	ONAN
Dimenzije (DxŠxV):	2750x2960x3170 mm
Teža	16.000 kg
Teža olja	3.200 kg

5.5 IZBIRA NN RAZDELILCA LASTNE PORABE

Razdelilec bo napajan s transformatorjem lastne porabe:

Nazivna napetost U_n	400 V
Nazivna moč S_n	1.000 kVA
Nazivni tok I_n	1.443 A

Glede na obremenitev in kratkostične razmere se izbere:

NN stikališče	za notranjo montažo
Nadmorska višina	do 1.000 m
Temperatura okolice:	
Maksimalna	40°C
Minimalna	-30°C
Relativna vlažnost	95 %
Nazivna napetost U_n	400 V
Nazivni tok I_n	2.000 A
Termični tok kratkega stika $I_{th}(1 \text{ s})$	75 kA
Termični tok kratkega stika $I_{th}(3 \text{ s})$	65 kA
Izklopilni tok I_b	75 kA

Udarni kratkostični tok I_p	165 kA
Maksimalni vklopni čas	80 ms
Maksimalni izklopni čas pri $I < I_{th}$	70 ms
Maksimalni izklopni čas pri $I > I_{th}$	30 ms

Tabela 2: Nazivna bremena 0,4 kV stikališča

Poz.:	Porabnik:	P_{ins} (kW)	cos ϕ	I_n (A)	Stikalo (A)
1.	Turbina start motor (frekvenčnik)	231	0,7	476,3	630
2.	Turbina AC porabniki	80	0,7	165,0	160
3.	Plinski kompresor	177	0,7	365,0	630
4.	Kotel PK4	60	0,7	123,7	800
5.	Tekoče gorivo turbina	62,5	0,7	128,9	250
	SKUPAJ:	610,5		1258,8	

5.5.1 Dimenzioniranje zbiralk

Transformator BBT03 (TR LR) ima nazivno moč 1.000 kVA, kar pri napetosti 0,4 kV pomeni 1.443 A. Za zbiralke NN razdelilca lastne porabe kogeneracije se izbere:

Material	Cu-ETP R300
Prerez	120x10 mm
Zbiralke pobarvane	NE
Nazivni tok zbiralk	1.740 A

Zbiralke se bo na kratkostične obremenitve dimenzioniralo v kasnejših fazah projekta, ker je dimenzioniranje odvisno od tipa dobavljene opreme (razdalja podpiranja zbiralk je različna pri posameznih dobaviteljih).

5.6 IZBIRA DIESEL AGREGATA

Tehnični podatki diesel agregata:

Nazivna izhodna moč na generatorskih sponkah:	800 kVA
Nazivna napetost:	3x400/231 V
Nazivna frekvenca:	50 Hz
Dovoljena enournna preobremenitev:	10 %
Hladilni sistem:	toplotni izmenjevalec zrak/voda
Maksimalni zagonski čas:	10 s

Pri določanju potrebne moči diesel agregata je potrebno upoštevati porabo in zagonske tokove porabnikov:

- 2 obtočnih črpalk;
- kotel PK4;
- zagon turbine;
- plinski kompresor;

Pri izračunu diesel agregata se upošteva:

- nazivna moč diesel agregata mora pri dejanskih pogojih pokrivati vso porabo;
- diesel agregat mora biti sposoben kratkotrajno prevzeti 1,5 kratno nazivno breme;
- v obdobju 12 ur je lahko diesel agregat kratkotrajno v času 1 ure preobremenjen za 10 %.

5.6.1.1 Dimenzioniranje na nazivno breme

Nazivno obremenitev diesel agregata predstavljajo porabniki, ki so potrebni za zagon plinske turbine. Ocenjena vrednost moči porabnikov potrebnih za zagon turbine znaša 640 kVA.

Na osnovi pričakovanih obtežb in z upoštevanjem določene rezerve moči se izbere diesel agregat nazivne tipske moči 800 kVA. Nazivna moč diesel agregata je definirana pri določeni nadmorski višini, pri določeni temperaturi okolice, pri določenem zračnem tlaku, pri določeni vlažnosti zraka in pri določenem $\cos \varphi$ generatorja.

5.6.1.2 Dimenzioniranje na zagonski tok

Pri zagonu diesel agregata je treba upoštevati zagonske tokove posameznih porabnikov. Kot najbolj neugoden primer z vidika zagonskih tokov se izkaže zagon plinske turbine. Pri tem se upošteva:

- zagon turbinskih sistemov za olje in ventilacijo;
- zagon pomožnih AC porabnikov na turbini;
- zagon plinskega kompresorja;
- zagon start motorja za turbino;

Podatki o zagonskih tokovih so ocenjeni glede na podobne objekte.

Zagonski tok porabnika je mnogokratnik nazivnega toka, pri nazivni napetosti generatorja:

$$I_z = k \cdot I_n \text{ (A)}$$

kjer se giblje	k = 1	pri frekvenčnih
	k = 2,5 – 3,5	pri mehkih zagonih
	k = 5 – 7	pri direktnem zagonu

Skupni zagonski tok I_{zsk} je vsota posameznih istočasnih zagonskih tokov porabnika.

Poz.:	Porabnik:	P_{ins} (kW)	$\cos \phi_i$	I_n (a)	I_z/I_n	I_z (A)
1.	Turbina olje in ventilacija	27,4	0,7	56,5	6	339
2.	Turbina start motor (frekvenčnik)	231	0,7	476,3	1	476
3.	Turbina AC porabniki (mehki zagon)	12,3	0,7	25,4	2,5	63
4.	Plinski kompresor (mehki zagon)	177	0,7	365,0	2,5	912
	SKUPAJ	447,7		923,1		1791

Potrebna moč diesel agregata pri zagonu porabnikov z upoštevanjem skupnega zagonskega toka je:

$$S_{nz} = \sqrt{3} \cdot U_g \cdot I_{zsk} = 1241 \text{ kVA}$$

Skupna zagonska moč porabnikov, ki se zaganjajo istočasno takoj ob preklopu porabnikov na diesel agregat, je manjša od nazivne moči diesel agregata, torej tudi glede zagonske moči izbrani diesel agregat 800 kVA zadošča. Glede na zahtevo, da mora diesel agregat prenesti 1,5 kratno nazivno breme, tudi za

priključitev ostalih porabnikov, ki se bodo kasneje avtomatsko ali ročno priključevali na diesel agregat, ne bo težav med zagonom teh porabnikov.