

**Dobava (dveh) distribucijskih energetske transformatorjev  
110/21/10,5 kV, YNyn6(d5) moči 31,5 MVA ONAN**

## 0. OBSEG DOBAVE IN STORITEV

Predmet dobave in storitev po tej razpisni dokumentaciji je dobava (dveh) novih energetskih transformatorjev napetostnega nivoja 110/20 kV, moči 31.5 MVA, kompletno s transportom na dogovorjeno lokacijo in postavitvijo na s strani investitorja predhodno pripravljen temelj v časovnem obdobju 2027 za RTP Brežice: TR2 (eden) ter 2028-2029 za RTP Trnovlje: TR2 (drugi). Predmet dobave je tudi dobava ustreznih SN plug - in končnikov in odvodnikov.

Dobavitelj mora biti strokovnjak na področju razpisane opreme in mora dobaviti vse naprave, opremo ali opraviti pomožna dela, ki predstavljajo bistven element za trajno, zanesljivo in varno delovanje opreme v obsegu te razpisne dokumentacije, tudi v primeru, če niso bile izrecno omenjene v razpisu. Ponudnik mora že v fazi priprave ponudbe opozoriti na morebitne pomanjkljivosti v razpisni dokumentaciji. Prav tako mora dobavitelj izvesti ustrezno šolanje naročnikovega osebja na objektu.

## 1. SPLOŠNO

Energetska transformatorja morata biti načrtovana in izdelana po zadnjem stanju tehnike za tako opremo ter dobavljena skupaj z vsemi pomožnimi napravami in priborom.

Če ni dodatnih ali posebnih tehničnih pogojev, morajo načrtovanje, konstrukcija, materiali, izdelava, montaža ter preizkušanje vseh del in dobav v okviru te Pogodbe ustrezati veljavnim standardom. Kot splošno veljavni veljajo standardi:

- SIST - Slovenski nacionalni standardi,
- EN - Evropski standardi (CEN, CENELEC, ETSI),
- ISO - Mednarodne organizacije za standardizacijo,
- IEC - Mednarodne elektrotehniške komisije.

Če v kakšnem primeru ne obstajajo SIST, EN, IEC ali ISO standardi, se lahko v dogovoru z naročnikom uskladi in uporabi tudi standarde ali strokovne publikacije drugih tehničnih organizacij (DIN, VDE, BSI, IEEE, ipd.).

V skladu z veljavno zakonodajo morajo transformatorji 110/20 kV ustrezati najmanj predpisom in standardom, ki so navedeni spodaj.

### 1.1 Predpisi

- GZ-1 Gradbeni zakon (Uradni list RS, št. 199/2021) in GZ-1B Zakon o spremembah in dopolnitvah Gradbenega zakona (Uradni list RS, št.75/2025),
- EZ-2 Energetski zakon (Uradni list RS 38/2024),
- Uredba komisije (EU) št. 548/2014 o izvajanju Direktive 2009/125/ES Evropskega parlamenta in Sveta glede majhnih, srednjih in velikih transformatorjev
- Uredba komisije (EU) 2019/1783 o spremembi Uredbe Komisije (EU) št. 548/2014 o izvajanju Direktive 2009/125/ES Evropskega parlamenta in Sveta glede majhnih, srednjih in velikih TR.

*Opomba: Upoštevajte tudi vse spremembe predpisov po izidu tega dokumenta.*

## 1.2 Standardi

Št.	Oznaka	Naslov standarda
1.	SIST EN 60071-1	Koordinacija izolacije – 1. del: Definicije, načela in pravila
2.	SIST EN 60076-1	Močnostni transformatorji - 1 del: Splošno
3.	SIST EN 60076-2	Močnostni transformatorji - 2. del: Segretek transformatorjev, potopljenih v tekočino
4.	SIST EN 60076-3	Močnostni transformatorji - 3: del: Izolacijski nivoji in dielektrični preizkusi,
5.	SIST EN 60076-5	Močnostni transformatorji - 5: del: Kratkostična zmogljivost
6.	SIST EN 60076-10	Močnostni transformatorji - 10. del: Opredelitev zvočnih jakosti
7.	SIST EN IEC 60296	Tekočine za elektrotehniko, Mineralna izolacijska olja za električno opremo
8.	SIST EN 60214-1	Odcepni preklopniki - 1. del: Tehnične zahteve in preskusne metode
9.	SIST EN 61869-2	Instrumentni transformatorji - 2. del: Dodatne zahteve za tokovne transformatorje
10.	SIST EN ISO 1461	Prevleke na železnih in jeklenih predmetih, nanesene z vročim pocinkanjem - Specifikacije in metode preskušanja
11.	IEC 60076-7	Power transformers - Part 7: Loading guide for mineral-oil-immersed power transformers
12.	SIST IEC 61000	Elektromagnetna združljivost (EMC) – družina standardov
13.	SIST EN 61204	Varnost strojev - Električna oprema strojev – družina standardov
14.	SIST EN IEC 62368-1	Oprema za avdio/video, informacijsko in komunikacijsko tehnologijo - 1. del: Varnostne zahteve.
15.	SIST EN 62271-1	Visokonapetostne stikalne in krmilne naprave – 1. del: Skupne specifikacije za stikalne in krmilne naprave za izmenični tok
16.	SIST EN ISO / IEC 17050-2	Ugotavljanje skladnosti – Dobaviteljeva izjava o skladnosti – 2. del: Podporna dokumentacija
17.	SIST EN ISO 14644-1	Čiste sobe in podobna nadzorovana okolja - 1. del: Klasifikacija čistosti zraka na osnovi koncentracije delcev
18.	SIST EN 13829	Toplotne značilnosti stavb - Ugotavljanje tesnosti obodnih konstrukcij – Metoda tlačne razlike z uporabo ventilatorja
19.	IEC 60156	Izolacijske tekočine - Ugotavljanje prebojne napetosti pri mrežni frekvenci - Testna metoda
20.	SIST EN 61125	Izolacijske tekočine – Metode za preizkušanje oksidacijske stabilnosti – Preizkusna metoda za vrednotenje oksidacijske stabilnosti dobavljenih izolacijskih tekočin
21.	SIST EN IEC 60076-22 -7	Močnostni transformatorji in dušilke - Pribor
22.	SIST EN ISO 228-1	Cevni navoji za zveze, ki ne tesnijo z navoji – 1. del: Mere, odstopki in oznake
23.	SIST EN 50180-1	Skoznjiki za napetosti nad 1 kV do 52 kV in tokove od 250 A do 3,15 kA za transformatorje, polnjene s tekočinami - 1. del: Splošne zahteve za skoznjike
24.	SIST EN 50575	Elektroenergetski, krmilni in komunikacijski kabli - Kabli za splošno uporabo za gradbena dela glede na zahteve za odpornost proti požaru
25.	SIST EN 60450	Merjenje povprečne viskozimetrične stopnje polimerizacije novih in starih celuloznih električno izolacijskih materialov

26.	SIST EN 1998-1	Eurocode 8: Projektiranje objektov za potresno odpornost – 1. del: Splošna pravila, potresni ukrepi in pravila za stavbe
27.	SIST EN 60099-4	Prenapetostni odvodniki – 4. del: Kovinskooksidni prenapetostni odvodniki brez iskrišč za sisteme z izmenično napetostjo
28.	SIST EN 60137	Izolirani skoznjiki za izmenične napetosti nad 1000 V
29.	SIST EN 60228	Vodniki izoliranih kablov
30.	SIST EN 60422	Mineralna izolacijska olja v električni opremi – Napotki za nadzorovanje in vzdrževanje
31.	SIST EN 60529	Stopnja zaščite, ki jo zagotavlja ohišje (koda IP) o zagotavlja ohišje (koda IP)
32.	SIST EN 60567	Z oljem polnjena električna oprema – Vzorčenje plinov in analiziranje prostih in raztopljenih plinov – Napotek
33.	SIST EN 61462	Votli kompozitni izolatorji – Tlačni in breztladni izolatorji za električno opremo z naznačeno izmenično napetostjo, višjo od 1.000 V, in enosmerno napetostjo, višjo od 1500 V – Definicije, preizkusne metode, merila sprejemljivosti in priporočila za načrtovanje
34.	SIST EN 61936-1	Napajalne inštalacije nad 1 kV AC – 1. del: Skupna pravila
35.	IEC TS 62073	Smernice za merjenje hidrofobnosti izolacijskih površin
36.	SIST EN 62217	Polimerni izolatorji za notranjo in zunanjo uporabo z nazivno napetostjo > 1.000 V – Splošne opredelitve, preizkusne metode in merila sprejemljivosti
37.	IEC TS 60815-1	Izbira in dimenzioniranje visokonapetostnih izolatorjev, namenjenih za uporabo v onesnaženih pogojih – 1. del: Opredelitve, informacije in splošna načela
38.	SIST EN ISO 4624	Barve in laki - Izvlečni preizkus oprijema
39.	SIST EN ISO 8501-1	Priprava jeklenih podlag pred nanosom barv in sorodnih izdelkov - Vizualna ocena čistoče površine – 1. del: Vrste rje in vrste priprave nepremazanih jeklenih podlag in jeklenih podlag po celotni odstranitvi prejšnjih premazov
40.	SIST EN ISO 12944-2	Barve in laki – Protikorozijska zaščita jeklenih konstrukcij z zaščitnimi premaznimi sistemi – 2. del: Razvrstitev okolij
41.	SIST EN ISO 12944-5	Barve in laki – Protikorozijska zaščita jeklenih konstrukcij z zaščitnimi premaznimi sistemi – 5. del: Zaščitni premazni sistemi
42.	SIST EN 13460	Vzdrževanje – Dokumentacija za vzdrževanje

### 1.3 Pomen izrazov kratic

V tem dokumentu so uporabljene naslednje kratice (okrajšave):

EN	Europäische Norm; European Norm (evropski standard)
IEC	International Electrotechnical Commission (mednarodna elektrotehniška komisija)
ISO	International Organization for Standardization (mednarodna organizacija za
DIN	Deutschen Instituts für Normung (nemški inštitut za standardizacijo)
SIST	Slovenski Inštitut Za Standardizacijo
VDE	Verband Deutscher Elektrotechniker (združenje nemških elektroinženirjev)
IEEE	The Institute of Electrical and Electronics Engineers (inštitut inženirjev elektrotehnike in Elektronike)
BSI	British Standards Institution (britanski inštitut za standardizacijo)
CENELEC	European Committee for Electrotechnical Standardization (evropski komite za

CEN	European Committee for Standardization (evropski komite za standardizacijo)
NN	nizka napetost
SN	srednja napetost
VN	visoka napetost
S	moč
L	fazni vodnik
PEI	indeks konične učinkovitosti
N	nevtralni vodnik
PE	zaščitni vodnik
PEN	zaščitno-nevtralni vodnik
KBV	kablovod
Tr	transformator
IPxx	stopnja mehanske zaščite pred vdorom tujkov in tekočin (ingress protection)
Cu	baker
E-Cu	baker visoke čistoče (pri zbiralkah)
NMT	napetostni merilni transformator
TMT	tokovni merilni transformator
PZI	projekt za izvedbo
PID	projekt izvedenih del
KS	kratek stik
TPU	termoplastična poliuretanska guma
NBR	nitril butadien kavčuk (nitrilna guma)
DCV	distribucijski center vodenja
dB (A)	enota za glasnost zvoka v frekvenčnem filtru A oz. v percepciji zvoka človeškega ušesa
ONAN	Oil Normal Air Normal; naravno kroženje olja v kotlu in naravna konvekcija zraka preko radiatorjev
ONAF	Oli Normal Air Forced; naravno kroženje olja v kotlu in prisilna konvekcija zraka preko radiatorjev

## 1.4 Merske enote

Uporablja se metrični sistem v standardiziranem mednarodnem merskem sistemu SI.

## 2. TEHNIČNE ZAHTEVE

### 2.1 Splošne zahteve

#### 2.1.1 Pogoji vgradnje

Energetski transformatorji obratujejo v omrežju 110 kV, v katerem je mogoča najvišja obratovalna napetost 123 kV in najnižja obratovalna napetost 99 kV. V težjih obratovalnih pogojih, oz. v primerih večjih okvar v omrežju se dovoljuje spodnja meja obratovalne napetosti 95 kV.

Nevtralna točka omrežja 20 kV je ozemljena preko upora upornosti 80  $\Omega$  in resonančne dušilke. 110 kV omrežje je na nekaterih točkah EES direktno ozemljeno, na ostalih objektih pa je ozemljeno preko odvodnika prenapetosti.

Naprave in materiali morajo ustrezati klimatskim ter obratovalnim pogojem na mestu vgradnje, pri čemer je treba upoštevati:

- zunanja vgradnja,
- oprema bo vgrajena na nadmorski višini do 1000 m,
- oprema mora brez poškodb, prenesti in obratovati v naslednjem temperaturnem območju:  
- za zunanje prostore: od -20 °C do +40 °C,  
(kjer srednja dnevna temperatura zraka znaša + 30 °C, srednja letna temperatura zraka pa + 20 °),
- oprema mora biti izdelana po predpisih za potresno varno gradnjo EUROCODE 8 (SIST EN 1998-1 ),
- stopnja onesnaženja II (IEC TS 60815-1),
- ledene obloge razred 10 (SIST EN 62271-1),
- transformator in oprema morata biti dimenzionirana za obremenitve hitrosti vetra 42 m/s (1,1 kN/m<sup>2</sup>),
- transformator mora ustrezati največji dovoljeni stopnji hrupa, navedenega v tabeli tehničnih podatkov pri ONAN režimu obratovanja po metodi zvočnega tlaka v skladu z IEC,
- transformator mora ustrezati zahtevam za elektromagnetne združljivosti in kompatibilnosti (EMC), skladno z najnovejšimi smernicami in dobro inženirsko prakso.

Na zahtevo je treba predložiti vse potrebne podatke o opremi, da se ugotovi, skladnost s klimatskimi razmerami na mestu vgradnje.

### 2.1.2 Obratovalni pogoji

#### □ Podatki o omrežju 110 kV:

- |  |   |
|--|---|
| • nazivna napetost sistema                           | 110 kV,   |
| • največja obratovalna napetost                      | 123 kV,   |
| • najnižja obratovalna napetost                      | 99 kV,  |
| • izredna najnižja obratovalna napetost              | 95 kV,  |
| • nazivna frekvenca                                  | 50 Hz,  |
| • število faz  | 3,  |
| • minimalna izolacijska razdalja v zraku             | 900 mm (faza – zemlja),<br>1100 mm (faza – faza),   |
| • zdržna kratkotrajna napetost obratovalne frekvence | 230 kV (50 Hz, 1 min),  |
| • zdržna atmosferska udarna napetost                 | 550 kV (1,2/50 μs),   |
| • ozemljevanje nevtralne točke 110 kV navitja        | se določi glede na mesto vgradnje<br>v EES in je lahko:<br>- neposredno ali<br>-posredno preko odvodnika<br>prenapetosti. |

#### ❑ Podatki o omrežju 20 kV:

- |  |   |
|--|---|
| • nazivna napetost omrežja                           | 20 kV,  |
| • najvišja napetost omrežja                          | 24 kV,  |
| • nazivna frekvenca                                  | 50 Hz,  |
| • število faz  | 3,  |
| • minimalna izolacijska razdalja v zraku             | 160 mm (faza - zemlja),<br>220 mm (faza - faza),      |
| • minimalna plazilna razdalja v zraku                | 480 mm,   |
| • zdržna kratkotrajna napetost obratovalne frekvence | 50 kV (50 Hz, 1 min),                                 |
| • zdržna atmosferska udarna napetost                 | 125 kV (1,2/50 $\mu$ s),                              |
| • ozemljevanje nevtralne točke 20 kV navitja         | preko upora 80 $\Omega$ in/ali<br>resonančne dušilke. |

### 2.1.3 Kratkostična moč transformatorja

Energetski transformator mora biti dimenzioniran in skonstruiran tako, da navitja zdržijo dinamične in termične obremenitve pri kratkem stiku v smislu standarda SIST EN 60076-5.

Pri dimenzioniranju in projektiranju transformatorja je treba za načrtovano mesto vgradnje upoštevati velikost največjega predvidenega toka trifaznega kratkega stika ( $I''_{k3}$ ) na 110 in 20 kV zbiralkah. Trajanje kratkega stika je  $t_k = 3$  s.

Oprema mora biti dimenzionirana na naslednje kratkostične razmere:

- udarni tok kratkega stika 110 kV naprav ( $I_{ku}$ ) - 100 kA,
- tok kratkega stika 110 kV naprav ( $I_k$ ) 110 kV - 40 kA,
- tok kratkega stika 20 kV naprav ( $I_k$ ) 20 kV - 25 kA,
- tok kratkega stika 0,4 kV naprav ( $I_k$ ) 0,4 kV - 10 kA,

oziroma se pri dimenzioniranju upošteva kar maksimalne trifazne simetrične moči kratkih stikov omrežja, ki so:

- za mrežo 110 kV 7600 MVA,
- za mrežo 20 kV 865 MVA.

Predvidene maksimalne trifazne simetrične moči kratkih stikov so po študiji REDOS 2050 (št. 2591/5 in št. 2591/7) za predvidena območja manjše:

#### RTP BREŽICE:

- za mrežo 110 kV: 2797 MVA,
- za mrežo 20 kV: 448 MVA,

#### RTP TRNOVLJE:

- za mrežo 110 kV: 3769 MVA,
- za mrežo 20 kV: 454 MVA,

posledično temu tudi okvarni kratkostični tokovi in kar dolgoročno zadošča zgoraj navedenim - zahtevanim kratkostičnim vrednostim za opremo.

#### 2.1.4 Označevanje

Vsak funkcionalni del opreme mora biti na vidnem mestu opremljen s trajno obstojno napisno ploščico proizvajalca z osnovnimi podatki o proizvajalcu, serijsko številko, datumu proizvodnje in glavnimi tehničnimi podatki. Tablice oz. ploščice in pritrdilni elementi morajo biti UV obstojne ter odporne proti preperevanju, koroziji in drugim zunanjim vplivom.

Napisi na napisnih ploščicah (opreme, omar, elementov v omarah, naprav itd.) morajo biti dobro čitljivi in v slovenskem jeziku. Uporabljajo se "sans-serif" pisave (pisave brez repkov). Najmanjša višina velike tiskane črke je 3 mm.

Vsaka kabelska ali žična povezava mora biti na obeh koncih ustrezno označena in skladna z oznakami iz kabelskih list ali načrtov.

Vsi opozorilni napisi in znaki za nevarnost (tablice) morajo biti izvedeni v črni barvi na rumeni RAL 1023 podlagi.

#### 2.2 Tehnične lastnosti energetskega transformatorja

Transformator mora biti opremljen z naslednjo dodatno opremo:

- plinski (t.i. Buchholz) rele z "reed" kontakti (2x alarm, 2x izklop) in dvema plovčema,
- zaščitni rele regulacijskega stikala (t.i. Buchholz regulacijskega stikala) z "reed" kontakti (1x izklop) in izklopno loputo,
- 2x magnetni oljekaz,
- termometer s kontaktno sondo z dvema kontaktoma in žepom (potopno tulko oz. zaščitno cevjo) za vgradnjo,
- termična slika s štirimi kontakti,
- omarica za namestitev merilnih elementov temperature,
- protieksplzijski vzmetni oddušnik z usmeritveno cevjo in pokazateljem delovanja,
- odzračevalni vijak,
- 2x sušilec zraka (obratovanje brez vzdrževanja kot npr. Comem),
- naprava za izpust olja,
- VN - kondenzatorski silikonski skozičniki s priključki za meritev  $\tan \delta$  (skozičnik mora biti vgrajen tudi v zvezdišču transformatorja),
- SN - skozičniki (oklopljene izvedbe po sistemu konektorskega kabelskega priključka),
- ozemljitveni priključki,
- napisna tablica,
- priključki oz. ušesa za dvigovanje na ohišju transformatorja,
- stopenjsko regulacijsko stikalo Maschinen Fabrik Reinhausen, z BCD kodirnikom za prikaz stopenj,
- krmilna omarica z zaščitnimi in krmilnimi releji za AC in DC.



### 2.2.1 Izdelava

Energetski transformator je trifazna enota s tremi ločenimi navitji. Tretje navitje (terciar) se koristi kot stabilizacijsko navitje.

Energetski transformator se izdelava za zunanjo vgradnjo.

### 2.2.2 Razmerje transformacije in obseg regulacije

Razmerje transformacije v praznem teku je naslednje:

$$110 \text{ kV} \pm 12 \times 1.33\% / 21 \text{ kV}$$

Tretje navitje (terciar) se izvede za 10,5 kV za vsa razmerja transformacije.

### 2.2.3 Nazivna moč

Nazivna moč ( $S_n$ ) transformatorja mora biti v vseh prestavnih razmerjih enaka.

Nazivna moč je moč, s katero lahko energetski transformator trajno obratuje skozi celotno normalno življenjsko dobo pod pogoji vgradnje in vrednostmi iz točke 2.1.1.

Nazivna moč ( $S_n$ ) energetskega transformatorja vseh razmerij transformacije je:

- 31.5 MVA.

Primarno in sekundarno navitje se dimenzionirata za nazivno moč ( $S_n$ ). Terciarno navitje, z izvedenima dvema priključkoma, se uporablja kot stabilizacijsko navitje. Terciarno navitje se dimenzionira na 1/3 nazivne moči transformatorja.

### 2.2.4 Nazivna frekvenca

Nazivna frekvenca transformatorja je 50 Hz.

### 2.2.5 Napetost kratkega stika ( $u_k$ %)

Napetosti kratkega stika primar/sekundar morajo biti pri transformatorju moči 31.5 MVA in temperaturi navitja 75 °C, pri naslednjih položajih regulacijskega stikala naslednje:

- |             |                   |
|-------------|-------------------|
| 1. stopnja  | $u_k = 15,5 \%$ , |
| 13. stopnja | $u_k = 14,0 \%$ , |
| 25. stopnja | $u_k = 13,0 \%$ . |

Toleranca odstopanja napetosti kratkega stika primar/sekundar lahko znaša maksimalno  $\pm 7,5 \%$  od garantirane vrednosti pri nazivnem odcepu regulacijskega stikala in  $\pm 10 \%$  na obeh skrajnih stopnjah regulacijskega stikala.

## 2.2.6 Vezava energetskega transformatorja

Vezava energetskega transformatorja 110/21/10,5 kV je YN yn6 (d5).

Visokonapetostno napetostno zvezdišče se izvede preko silikonskih skoznjikov na pokrov transformatorja, srednje napetostno pa preko konektorskih skoznjikov na pokrov transformatorja.

Priključka za terciarno navitje se izvedeta preko dveh skoznjiških izolatorjev na pokrovu transformatorja. Izolatorja morata biti mehansko in električno zavarovana s pokrovom. Priključka "3U2" in "3W1" se medsebojno kratko vežeta in ozemljita. Spojne vezi morajo biti dobavljene s transformatorjem.

## 2.2.7 Regulacija napetosti

Regulacija napetosti se vrši pod obremenitvijo s pomočjo regulacijskega stikala napetosti, ki je vgrajeno v zvezdišču 110 kV navitja. Pogon regulacijskega stikala mora imeti preklonno stikalo za naslednje načine regulacije:

- lokalno iz omarice regulacije (preko tipkala in ročnega pogona z ročico),
- daljinsko (višje, nižje) z relejem za avtomatsko regulacijo napetosti in DCV.

Označbe za regulacijo napetosti VIŠJE – NIŽJE se morajo nanašati na sekundarno napetost, kar pomeni regulacija VIŠJE višjo stopnjo regulacijskega stikala in višjo napetost na sekundarni strani TR. Obratno velja za regulacijo NIŽJE.

Navitja energetskega transformatorja morajo biti dimenzionirana tako, da je v vseh položajih regulacijskega stikala ohranjena nazivna moč.

## 2.2.8 Stopnja izolacije navitij

Stopnja izolacije nevtralne točke (priključka) na primarni strani (110 kV) omrežja mora biti enaka stopnji izolacije faznih priključkov.

V tabeli spodaj so podane standardne vrednosti izolacije navitij, nevtralnih točk in skoznjiških izolatorjev:

Priključki	Nazivna vzdržna atmosferska udarna napetost (1,2/50 $\mu$ s) [kV]	Nazivna kratkotrajna vzdržna napetost		Stopnja izolacije po SIST EN 60076-3 $U_m$ /LI/AC
		za navitja	za izolatorje	
1U, 1V, 1W, 1N	550	230	230	$U_m$ 123 / LI 550 / AC 230 kV
2U, 2V, 2W, 2N	125	50	50	$U_m$ 24 / LI 125 / AC 50 kV
3U2, 3W1	-	28	28	$U_m$ 12 / - / AC 28 kV

## 2.2.9 Hlajenje energetskega transformatorja

Hlajenje energetskega transformatorja je naravno (ONAN) do 100% nazivne moči z naravnim kroženjem zraka in olja. Transformator mora imeti izvedeno predpripravo za nadgradnjo v način hlajenja ONAF (predpripravljen prostor v signalni-komandni omarici, ustrezna pritrdilna mesta za ventilatorje).

## 2.2.10 Obremenljivost in izguba življenjske dobe energetskega transformatorja

Pričakovana življenjska doba transformatorja pri 100 % nazivni obremenitvi in nazivnih pogojih vgradnje je 40 let.

Vrednost dovoljene preobremenitve, v odvisnosti od predhodne obremenitve, časa trajanja preobremenitve in temperature okolice (0°C, 10°C, 20°C, 30°C, 40°C), mora proizvajalec podati v tabelarični obliki ali v obliki diagramov skupaj z ostalo dokumentacijo.

Poleg zasnove, opreme in uporabljenih materialov je življenjska doba odvisna tudi od čistoče okolice v procesu izdelave in montaže navitij, v fazi sušenja in hermetičnega zapiranja, kot tudi dokončni montaži na mestu vgradnje.

## 2.4.11 Hrup energetskega transformatorja

Energetski transformator v obratovanju predstavlja vir hrupa. Objekti v katere je vgrajen so večinoma v IV. območju varstva pred hrupom.

Hrup, ki ga povzroča energetski transformator nazivne moči 31,5 MVA, mora biti manjši ali enak 50 dB(A) – merjeno 1,0 m od transformatorja.

Meritev hrupa se izvrši po standardu SIST EN 60076-10. Dovoljena toleranca +2 dB(A).

## 2.4.12 Izgube v energetskem transformatorju

Izgube v transformatorjih morajo biti skladne s tabelo I.7: zahteve za najnižji indeks konične učinkovitosti za velike transformatorje potopljene v tekočino, iz uredbe komisije (EU) 2019/1783.

Metoda za izračun indeksa konične učinkovitosti ( $PEI$ ) za srednje in velike transformatorje iz tabele I.7 temelji na razmerju oddane navidezne moči transformatorja, zmanjšanem za električne izgube v oddani navidezni moči transformatorja. Pri izračunu indeksa  $PEI$  se uporabi najnovejša metoda iz zadnje različice ustreznih harmoniziranih standardov za srednje in velike transformatorje.

Formula za izračun indeksa konične učinkovitosti:

$$PEI = 1 - \frac{2 \cdot (P_0 + P_{c0} + P_{ck}(k_{PEI}))}{S_r \cdot \sqrt{\frac{P_0 + P_{c0} + P_{ck}(k_{PEI})}{P_k}}} (\%)$$

Pri čemer so:

- $P_0$  izgube prostega teka, izmerjene pri nazivni napetosti in nazivni frekvenci na odcepu, na katerega se nanašajo nazivne vrednosti;
- $P_{c0}$  električna moč, ki jo zahteva hladilni sistem pri prostem teku, izpeljana iz meritev moči, ki jo odvzame motor ventilatorja in motor črpalke za tekočino, za preizkus tipa (za hladilne sisteme ONAN in ONAN / ONAF je  $P_{c0}$  vedno nič);
- $P_{ck}(k_{PEI})$  električna moč, ki jo poleg  $P_{c0}$  zahteva hladilni sistem, da deluje s  $k_{PEI}$  - kratnikom nazivne obremenitve;  $P_{ck}$  funkcija obremenitve;  $P_{ck}(k_{PEI})$  izpeljana iz meritev moči, ki jo odvzame motor ventilatorja in motor črpalke za tekočino, za preizkus tipa (za hladilne sisteme ONAN in ONAN / ONAF je  $P_{ck}$  vedno nič);
- $P_k$  izmerjena kratkostična izguba pri nazivnem toku in nazivni frekvenci na odcepu, na katerega se nanašajo nazivne vrednosti, popravljene na referenčno temperaturo;
- $S_r$  nazivna moč transformatorja ali avtotransformatorja, na kateri temelji  $P_k$ ;
- $k_{PEI}$  faktor obremenitve, pri kateri se pojavi indeks konične učinkovitosti.

Minimalni indeks konične učinkovitosti za velike transformatorje potopljene v tekočino mora biti:

Nazivna moč $Tr$ [MVA]	$PEI$
31,5	99,712

Izgube v praznem teku pri nazivni napetosti in frekvenci 50 Hz ter izgube v kratkem stiku pri nazivni moči in temperaturi navitja 75 °C smejo presegati v tabeli spodaj podane vrednosti za max. 5 %.

Za transformator nazivne moči 31,5 MVA mora veljati:

Stopnja	Moč transf. [MVA]	$P_0$ ( $P_{Fe}$ ) [kW]	$P_{k75}$ ( $P_{Cu}$ ) [kW]	$P_{tot}$ ( $P_{Fe}+P_{Cu}$ ) [kW]
1	31,5	13	150	163
13 a,b,c			140	153
25			155	168

#### 2.4.13 Tok praznega teka

Tok praznega teka sme biti 0,1 % nazivnega toka s toleranco +30 %.

### 3. OSNOVNE KONSTRUKCIJSKE ZNAČILNOSTI ENERGETSKEGA TRANSFORMATORJA

#### 3.1 Konstrukcijske zahteve

Oprema transformatorja (motorni pogon, signalna omarica itd.) mora biti izdelana po najnovejših tehniških izsledkih s stopnjo zaščite vsaj IP55. Vsa uporabljena tesnila naj bodo UV in vremensko odporna.

Priključne sponke, releji in inštrumenti morajo biti nameščeni na delu, ki je lahko dosegljiv tudi med obratovanjem, obenem pa onemogoča slučajni dotik delov pod napetostjo. Oznake priključkov morajo biti jasne, enoumne in na vidnem mestu. Dostop do sponk ali priključkov ter servisiranje opreme in elementov mora biti enostavno. Elementi za ročno krmiljenje in nadzor morajo biti nameščeni na višini od 80 do največ 180 cm od tal.

Vse naprave, povezave in kabelski dovodi morajo biti izdelani tako, da se prepreči izbruh požara, njegovo širitev ali nastanek kakršnekoli škode povzročene z ognjem.

Vse omare in druga oprema morajo biti opremljene s priključnimi sponkami ustrezne kakovosti in oštevilčene s trajnimi oznakami. Zahtevana kakovost sponk mora biti na nivoju tovrstnih izdelkov proizvajalcev Weidmueller ali Phoenix. Vse žične zveze morajo nositi oznake elementov/sponk, na katere so priključene.

Vsa stikalna in zaščitna oprema (odklopniki, stikala, avtomati, varovalke idr.) mora biti kakovostne izvedbe. Zahtevana je kakovost tovrstnih naprav, kot jo dosegajo proizvajalci ETI, Moeller, Siemens, Schneider ali ABB. Elementi morajo biti nameščeni v omaro v logičnem vrstnem redu.

Priključki morajo biti pravilno površinsko zaščiteni proti oksidaciji in škodljivim pojavom elektrolize.

Vgrajena oprema mora biti sposobna prenesti vse električne, mehanske in termične obremenitve, do katerih lahko pride med normalnim obratovanjem in ob morebitnih kratkih ali zemeljskih stikih na mestu vgradnje.

Varnostne razdalje med vodniki ter med vodniki in ozemljenimi deli morajo ustrezati veljavnim tehničnim predpisom in standardom. Deli naprav, ki so pod napetostjo, morajo biti zaščiteni pred nenamernim dotikom in po predpisih vidno označeni.

Potrebno je namestiti blažilce vibracij povsod, kjer je to zahteva za pravilno delovanje vgrajene opreme (vgraditi antivibracijsko gumo za omilitev prenosa vibracij iz jedra na kotel).

### 3.2 Jedro

Magnetno jedro mora biti izdelano iz orientirane pločevine visoke magnetne permeabilnosti, nizkega koeficienta histereze in majhnih specifičnih izgub. Pločevina mora biti homogena in časovno stabilna. Zagotavljati mora enake električne in mehanske lastnosti skozi celotno življenjsko dobo energetskega transformatorja. Izdelava in sestava jedra mora zagotavljati ravne čiste reze, tesne stike in čistočo pri sestavi brez prisotnosti rje, nečistoč ali tujkov.

Ozemljitev magnetnega kroga se naj izvede preko ozemljitvene "omarica" na pokrovu, kjer je mišljena ozemljitvena skodelica s skozniki notranjih ozemljitev jedra, preko katere so te potegnjene na pokrov in potem naknadno ozemljene na skupno ozemljitev transformatorja. Notranje ozemljitvene povezave jedra in magnetnega kroga do skoznjikov na pokrovu naj bodo min 20 mm<sup>2</sup>. Zunanja glavna ozemljitvena povezava pa minimalno 80 mm<sup>2</sup>.

Gostota magnetnega pretoka v magnetnem jedru ne sme preseči 1,6 T pri nazivni obratovalni napetosti in nazivni frekvenci. Jedro mora biti konstruirano in izdelano iz takega materiala, da posledice stresanih magnetnih polj v najbolj neugodnih razmerah po SIST EN 60076 ne povzročajo poškodb.

### 3.3 Navitja

Za izdelavo navitij in drugih delov pod napetostjo mora biti uporabljen elektrolitski baker visoke prevodnosti z izolacijo razreda A ali višji po IEC (delovna temperatura do 105 °C). Izolacija VN navitja naj bo papirna in impregnirana z izolacijskim oljem. Izolacija NN navitja je lahko alternativno iz materiala na osnovi polivinil acetata (PVA) in termičnega razreda E (120 °C).

Pri načrtovanju in izdelavi navitij morajo biti upoštevane vse električne in mehanske obremenitve med transportom, montažo in obratovanjem. Navitja morajo biti odporna na posledice kratkega stika, ki jih povzroča kratkostična moč omrežja, tokovne preobremenitve in napetostne obremenitve, brez lokalnega pregrevanja, kar je treba dokazati s tipskim preizkusom podobnega transformatorja.

Vsa navitja morajo imeti ustrezno izolacijsko trdnost po SIST EN 60076-3 in biti v skladu z zahtevami ustrezne dokumentacije.

### 3.4 Transformatorski kotel

Transformatorski kotel mora biti robustne konstrukcije, izdelan iz visoko natezno odpornih jeklenih plošč. Izveden mora biti tako, da tudi polna obremenitev pri montaži, dvigovanju, premikanju in obratovanju ne povzroča preobremenitev kateregakoli dela ali elementa.

Vsa spojna mesta kotla, razen tistih, ki morajo biti razstavljiva, morajo biti varjena, s čimer se zagotovi njihova oljetesnost. Za razstavljiva mesta morajo biti uporabljena O obročna tesnila (kot npr. NBR 70ShA). Kotel mora imeti tri ventile za odvzem vzorca olja z dna, sredine in vrha. Vse povezave in podpore v zunanosti ali notranosti, razen tistih, ki se lahko poškodujejo, morajo biti privarjene.

Kotel mora zdržati preizkus vakuumiranja v skladu s SIST EN 60076-1. Kakršno koli puščanje plina je zadosten vzrok za zavrnitev kotla. Popolnoma sestavljen transformator mora biti sposoben prenesti brez posledic sile, ki nastanejo zaradi tlaka v kotlu, ki za 35 kPa presega na zaščiti nastavljen maksimalni obratovalni tlak. Vsi zvari in spoji (tesnila) na kotlu morajo biti sposobni zagotoviti absolutno tesnjenje pri temperaturi olja 110 °C.

Kotel s pokrovom mora biti izdelan tako, da ni nikakršnih zunanjih žepov, v katerih bi se lahko zadrževala voda, ali notranjih žepov, v katerih bi zastalo olje po praznjenju kotla. Če se zaradi tehničnih vzrokov notranjim žepom ni mogoče izogniti, morajo biti na takih mestih dodatni izpusti.

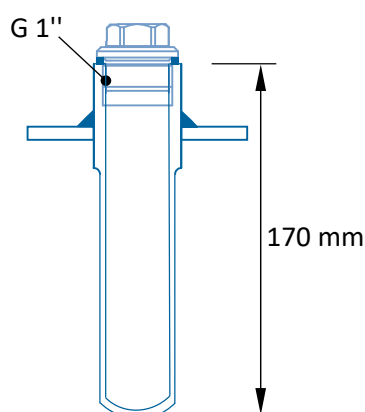
### 3.4.1 Pokrov kotla

Pokrov energetskega transformatorja mora biti izdelan tako, da omogoča odtekanje dežja po zunanjih stranicah in da je plin, ki nastaja v kotlu, usmerjen proti odprtini, kjer je priključen plinski rele (t. i. Buchholz).

Pokrov mora biti oblikovan tako, da nudi veliko mehansko trdnost in ugodno obliko za razmestitev izolatorjev. Na njem se nahajajo ušesa za dviganje samega pokrova.

Na kotlu (nad fazo V) morajo biti žepi za namestitev uporovnih ali kapilarnih senzorjev temperature (od tega morata biti vsaj dva žepa prosta za meritve na terenu), tipa A1 po SIST EN IEC 60076-22-7. Žepi morajo biti na mestih najvišje temperature olja. Omogočati morajo odstranitev katerega koli senzorja brez nižanja nivoja olja v kotlu. Žepi morajo biti opremljeni z zatesnjenimi pokrovi, ki preprečujejo vstop vodi, ko v njih ni senzorjev.

Pokrov TR 110/21/10,5 kV mora imeti vsaj 7 žepov tipa A1 za merjenje temperature olja (notranji cevni navoj G 1" po SIST EN ISO 228-1, dolžine 170 mm).



Imeti še mora:

- vgrajene konzole-priključke ter ustrezno napeljavno jekleno vrv za uporabo sistema samovarovanja pri delu na višini.
- pripravljene nosilce z vijaki za montažo nosilne konstrukcije priključnih SN kablov.

### 3.4.2 Konzervator

Pri postavitvi konzervatorja mora biti zagotovljen neoviran prehod visokonapetostnih vodnikov nad transformatorjem. Konzervator (dilatacijska posoda) se montira bočno z desne strani, gledano s strani 110 kV priključkov. Imeti mora ustrezna ušesa za dviganje.

Konzervator mora zdržati podtlak 10 kPa absolutnega tlaka in mora imeti dovolj veliko prostornino za temperaturne raztezke olja od 0 do 120 °C. Imeti mora dve lastni magnetni napravi za merjenje nivoja olja z alarmno indikacijo nizkega nivoja olja (vsako za svoj prekat) oz. dva magnetna pokazala olja, ki imata skalo nivoja olja pri 20 °C.

Konzervator mora biti povezan s transformatorskim kotlom z ustrezno nagnjeno cevjo minimalnega notranjega premera 50 mm, ki ne ovira pretoka plina in na kateri je montiran plinski rele. Ustrezni ventili morajo omogočati odstranitev plinskega releja brez prekinjanja povezave med kotlom in konzervatorjem.

Na konzervatorju morajo biti zadostno velike odprtine za pregled, čiščenje in vzdrževalna dela. Pokrov mora biti privijačen na konzervator in opremljen z ustreznimi ročaji ali ušesi za odstranjevanje.

Konzervator naj ima ločena prekata za transformatorski kotel in regulacijsko stikalo. V ta namen mora vsebovati dva električna sušilca zraka, ki sta dostopna od tal ter prav tako dve odprtini za polnjenje in praznjenje olja posameznega prekata, ki morata biti dostopni od tal.

Zaradi preprečitve neposrednega kontakta olja z zunanjim zrakom mora biti uporabljena sintetična zrakotesna in oljeodporna membrana. Notranjost blazine je v stiku z zunanjim zrakom preko sušilca zraka, zunanost pa je v neposrednem stiku z oljem. Konzervator mora omogočati vakuumsko polnjenje olja (vakuumiranje in odzračevanje), kar mora biti tudi dostopno od tal. Pokazatelj za nivo olja transformatorja je na VN strani, pokazatelj za nivo olja regulacijskega stikala pa na SN strani.

### 3.4.3 Cevovodi, ventili, spoji, tesnila

Vsi praznilni in polnilni ventili, zaporni in kontrolni ventili ter izpustni ventili zraka morajo ustrezati standardu DIN 3230-3 (stopnja puščanja 1, angl. leakage rate 1). Elementi morajo biti kakovostne izdelave iz izbranih materialov, ki zagotavljajo odpornost na vplive okolice. Do DN 50 mm morajo biti ventili izdelani iz medenine ali brona, nad to velikostjo pa iz litoželeznih jeder s prirobnicami iz brona.

Vsak ventil mora biti opremljen z indikatorjem položaja, iz položaja indikatorja mora biti jasno viden položaj ventila: odprt/zaprt. Vsi ventili, zaključki cevovodov in podobno, ki niso v uporabi, morajo biti zaprti ali zatesnjeni z ustreznimi prirobnicami, vijaknimi pokrovi ali ploščami.

Transformator mora biti opremljen vsaj z naslednjimi ventili:



-Transformatorski kotel:

- enim DN 50 mm filtrskim ventilom blizu vrha kotla,
- enim DN 50 mm filtrskim ventilom na dnu kotla in diagonalno nasproti ventila iz zgornje alineje. Oba ventila morata biti opremljena za priključek naprav za obdelavo olja, priključki se določijo po SIST EN 60567,
- tremi ventili za jemanje vzorcev olja – zgoraj, sredina, spodaj.

-Konzervator:

- enim ventilom za oljni obhod plinskega releja,
- dvema ventiloma za izolacijo plinskega releja,
- priključkom za polnjenje olja,
- ventilom na mestu, kjer lahko izpraznimo konzervator.

-Radiatorji:

- ventili na vsaki priključni točki na kotel.

Vsa tesnila (dovoljena je uporaba samo obročnih) morajo biti vlita v celoti, brez uporabe lepil. Izdelana morajo biti iz vsestranskega materiala, ki nudi odlično odpornost na olja, goriva in maščobe ter zagotavlja optimalno ravnovesje med prožnostjo in trdnostjo (kot npr. NBR 70ShA). Trajno morajo zdržati  $-25^{\circ}\text{C}/+100^{\circ}\text{C}$ , kratkotrajno pa tudi do  $+120^{\circ}\text{C}$ .

#### **3.4.4 Podporje in oprema za premikanje**

Transformator bo nameščen na betonski temelj s kolesi, ki dopuščajo gibanje v dveh smereh, imeti mora ojačitve za hidravlična dvigala. Prevračanje in zdrs transformatorja v primeru potresa bosta preprečena z namestitvijo sider na vsaki od vzdolžnih stranic transformatorja.

Kotel mora imeti pripravljene podporne točke za fiksno postavitve na štiri kovinska podnožja. Razdalja podpornih točk na tirih v vzdolžni smeri je enaka in znaša 1504 mm. Razdalje podpornih točk v prečni smeri med osmi tirnic mora biti prestavljiva in sicer 2070 mm oz. 2250 mm.

Vsaka opora za dvigovanje mora biti dimenzionirana vsaj za 50 % teže celotnega transformatorja. Oporna mesta morajo biti vidno označena s črno barvo.

#### **3.4.5 Ozemljilni priključki**

Na dnu nosilne konstrukcije transformatorskega kotla, morajo biti diagonalno blizu posameznega vogala izvedeni štirje ozemljitveni priključki ustrezne velikosti, ki zdržijo kratkostični tok na nižji napetosti v trajanju 3 sekund. Ozemljitveni priključki morajo biti izdelani iz inoks materiala in privarjeni na kotel transformatorja, tako da protikorozijska zaščita priključka ni potrebna.

### 3.4.6 Protikorozijska zaščita

Vse kovinske površine so pred nanosom premaza očiščene s peskanjem. Konstrukcija kotla in opreme mora dopuščati dostop do vseh delov, predvidenih za barvanje.

Izvede se naj dvokomponentni sistem protikorozijske zaščite: angl. Zinc-Rich Epoxy Primer - EP vmesni premaz - PUR je sestavljen iz primarnega, vmesnega in zaključnega premaza. Uporablja se za območja vgradnje z naslednjimi podnebnimi značilnostmi (SIST EN ISO 12944-2): Industrijska in obalna območja z zmerno slanostjo. Prav tako se naj upošteva pri tem določila SIST EN ISO 12944-5. Končni zunanji premaz transformatorja z vso na njem nameščeno opremo mora biti RAL 7038.

#### RAL 7038

R176 G176 B169

V tabeli spodaj so podane vrste premaznih sredstev:

PREMAZ	NOTRANJI OSNOVNI	ZUNANJI OSNOVNI	ZUNANJI VMESNI SLOJ	ZUNANJI POKRIVNI
Vrsta premaznega sredstva – barve	EP osnovna barva EMC 182 bela K-DB	Zinc-Rich Epoxy osnovni EMD 156 HS siv	EP vmesni sloj EMD 30 RAL 8012	PUR pokrivni sloj RAL 7038 -ADD 47
Stanje površine pred barvanjem	peskana Sa 2 ½ SIST EN ISO 8501-1	peskana Sa 2 ½ SIST EN ISO 8501-1	– razmaščena – razpršena suha	– razmaščena – razpršena suha
Število in debelina slojev barve	1×80 µm <sup>(1)</sup>	1×80 µm <sup>(1)</sup>	1×100 µm <sup>(1)</sup>	1×80 µm <sup>(1)</sup>
Način nanašanja barve	– airless – zračno brizganje – čopič valjček	– airless – zračno brizganje – čopič valjček	– airless – zračno brizganje – čopič valjček	– airless – zračno brizganje – čopič valjček
Križni rez SIST EN ISO 4624	1	1	1	2
Odtržna trdnost SIST EN ISO 4624	/	5 MPa	≥ 5 MPa	≥ 5 MPa

<sup>(1)</sup> Kot sprejemni kriterij za debelino suhega filma nanosa se upošteva zahteve po standardu SIST EN ISO 12944-2

Zaščitni premazi morajo imeti poleg antikorozivne lastnosti tudi veliko odpornost na spremembe temperature (od - 20 °C do + 110 °C), udarce in atmosferske vplive, kot tudi na kemijske vplive, olja, masti, lugov, soli in kislin.

Protikorozijska zaščita radiatorjev se izvede z vročim cinkanjem. Za kategorijo onesnaženosti zraku C2 do C3 (nizka do srednja) mora biti povprečna debelina nanosa skladno s standardom SIST EN ISO

1461 najmanj 70  $\mu\text{m}$  (lokalno najmanj 55  $\mu\text{m}$ ). Enako naj bodo zaščitene tudi druge kovinske komponente na transformatorju (cevi, ipd.).

Zaščito notranjih kovinskih površin v stalnem stiku z oljem se izvede z olje odpornimi premazi.

### 3.5 Regulacijsko stikalo

Regulacijsko stikalo se vgrajuje v zvezdišče navitja 110 kV. Postavljeno mora biti bočno, na levi strani, gledano s strani 110 kV priključkov.

Regulacijsko stikalo mora biti originalne proizvodnje Maschinenfabrik Reinhausen. Sestavljajo ga izbirno stopenjsko stikalo z vakuumskimi prekinjevalci, s pogonskim mehanizmom, indikatorji položaja in krmilno opremo, vključno z vsemi pomožnimi napravami. Preklop močnostnih kontaktov mora biti izveden znotraj vakuumske komore.

Energetski del regulacijskega stikala (angl. diverter switch) ima ločeno oljno posodo v transformatorskem kotlu. Dviganje iz kotla mora biti omogočeno tako, da zagotavlja enostavno vzdrževanje in njegov pregled brez vpliva na glavni del transformatorskega kotla in konzervator, prav tako pa mora biti omogočen pristop do regulacijskih izvodov in kontaktov, ko se dvigne aktivni del transformatorja iz kotla. Za polnjenje in praznjenje te ločene oljne posode, mora biti pripravljena odprtina, ki je dostopna od tal.

Konzervator regulacijskega stikala mora biti s cevovodom povezan z energetskim delom regulacijskega stikala. Povezava mora biti izvedena z lastnim zaščitnim relejem. Zaporni ventil v cevovodu mora biti nameščen na konzervatorski strani releja oljnega pretoka.

Regulacijsko stikalo mora biti izdelano za enake obremenitve kot preostali elementi energetskega transformatorja. Navedeno velja za katerikoli položaj stikala. Tok, pri katerem se lahko regulacijsko stikalo preklaplja, mora biti najmanj 20 % večji od nazivnega toka transformatorskih navitij.

Po opravljenih preizkusih je potrebno izvesti mehansko blokado regulatorja na 17. stopnji.

#### 3.5.1 Krmilna omarica regulacijskega stikala

Krmilna omarica regulacijskega stikala z vso potrebno opremo mora biti nameščena na isti strani transformatorja, kot je tudi signalna omarica.

Krmilna omarica regulacijskega stikala mora vsebovati:

- elektromotorni pogon regulacijskega stikala, ki se napaja z enosmerno napetostjo 110 V DC (opremljen mora biti z ustrezno mehansko in električno zaščito, odklopnikom, končnimi stikali, pomožnimi stikali, prikaznimi in krmilnimi elementi ter preostalo potrebno opremo),

- v izrednih primerih mora biti omogočeno spreminjanje stopenj transformatorja tudi z ročnim pogonom, v tem primeru morajo biti blokirani vsi drugi načini upravljanja,
- nadzor nad delovanjem regulacijskega stikala se izvaja z napravo MR.

Preklop regulacijskega stikala se mora začeti s krmilnim impulzom kratkega trajanja in se mora avtomatsko zaključiti. Daljše trajanje preklopne krmilnega impulza ne sme povzročiti dodatnega preklopa.

V krmilni omarici regulacijskega stikala je prekopka LOKALNO/DALJINSKO, ki omogoča:

- lokalno krmiljenje preko dveh tipk (VIŠJE/NIŽJE) za preklope navzgor in navzdol,
- daljinsko krmiljenje preko sistema vodenja, kjer morata biti na voljo dva potencialno prosta vhoda za komande višje/nizje.

Indikator položaja naj bo izveden preko BCD kodirnika (BCD modul dajalec pozicije), indikacija mora biti na voljo kot potencialno prosti kontakti krmilne napetosti. Skala indikatorja položaja naj bo izvedena tako, da so v položaju '1' vključeni vsi ovoji visokonapetostnega navitja. Regulacijsko stikalo mora biti opremljeno s pokazali položaja stopnje regulacije na glavi stikala in na pokrovu omarice pogona regulacijskega stikala.

Regulacijsko stikalo mora imeti možnost obratovanja z avtomatskim regulatorjem napetosti in z ročnim posluževanjem (daljinsko iz centra vodenja, iz komandnega prostora in iz omarice na transformatorju).

Omarica regulacijskega stikala mora biti opremljena s števcem prekopov, termostatom in/ali vlagomerom ter grelcem (230 V, 50 Hz).

### **3.5.2 Zaščitni rele regulacijskega stikala**

Zaščitni rele (t. i. plinski rele regulacijskega stikala) za indikacijo okvar znotraj stikala mora biti vgrajen v cevno povezavo regulacijskega stikala s konzervatorjem regulacijskega stikala. Rele mora imeti možnost ročnega sprožanja signala za namen preizkušanja in biti potrjen s strani izdelovalca regulacijskega stikala (če ni isti proizvajalec). Delovanje releja sproži izklop transformatorja

## **3.6 Hlajenje transformatorja**

Hlajenje energetskega transformatorja je naravno (ONAN) do 100 % nazivne moči z naravnim kroženjem zraka in olja.

Kotel transformatorja mora biti opremljen z ustreznimi ventili, ki omogočajo zamenjavo radiatorjev brez izpusta olja iz kotla transformatorja. Število radiatorjev in njihova kapaciteta mora biti dimenzionirana na skrajne pogoje. Radiator in oljni cevovodi morajo zdržati enak nadtlak (35 kPa) in vakuum (10 kPa), kot je zahtevano za kotel transformatorja.

Hladilni sistem transformatorja naj bo opremljen najmanj z naslednjo standardno opremo:

- enim (1) ventilom na vsakem dotočnem in iztočnem cevovodu olja v vsak radiator,
- enim (1) drenažnim čepom na oljnem cevovodu na najnižjem mestu za vsak radiator,
- enim (1) čepom za odzračevanje vsakega radiatorja na najvišji točki,
- vsemi potrebnimi cevovodi s prirobnicami med radiatorji in kotlom, spojnimi, ekspanzijskimi in tesnilnimi elementi, podporno in nosilno konstrukcijo in podobno.

### 3.6.1 Možnosti nadgradnje hladilnega sistema transformatorja

Za TR moči 31,5 MVA se zahteva, da je termično dimenzioniran, mehansko pripravljen in predviden z večjo signalno omarico (v njej je rezervni prostor za dodatno opremo), za priklop ventilatorjev v način hlajenja ONAN / ONAF za primere podaljšanih izrednih obratovalnih stanj z močmi nad nazivnimi in sicer kot prikazuje tabela spodaj:

Nazivna moč TR [MVA]	Nazivna moč TR s hlajenjem ONAN [MVA]	Naznačena moč TR s hlajenjem ONAF [MVA]
31,5	31,5	40

### 3.7 Omare in ranžirne omarice

Vse omare in omarice morajo biti izdelane iz nerjavne jeklene pločevine minimalne debeline 1,5 mm. Omare in ranžirne omarice morajo biti istega RAL-a, kot je kotel (RAL 7038). Dobavljene morajo biti v celoti, skupaj z vsemi okvirji in vrati (vključno s tečaji in ključavnicami). Njihova vrata se morajo vodotesno zapreti. Nameščen mora biti tudi poševen nadstrešek za zaščito pred padavinami.

Omare, paneli in ranžirne omarice morajo biti v celoti izdelane in preizkušene v tovarni, skupaj z vsemi elementi, napisnimi ploščicami, notranjim ožičenjem, vsemi kabelskimi priključki in oznakami. V vsaki omari mora biti na notranji strani vrat nameščen nosilec dokumentacije, kamor mora biti vstavljena pripadajoča vezalna shema omare.

Omare morajo imeti ustrezno naravno prezračevanje z odprtinami za prezračevanje, zaščitnimi pred prahom, ki bo v vseh obratovalnih pogojih zagotavljalo temperaturo v notranjosti omare pod 55 °C, ob največji temperaturi okolice 40 °C, in ob delujoči opremi v omari. Prezračevanje mora biti zagotovljeno v skladu z SIST EN 60529, zaščitni razred vsaj IP55.

Prehodi kablov v omare morajo biti zatesnjeni na način, da bo onemogočen vdor prahu, vode, škodljivcev ali širjenje morebitnega ognja.

Vsak panel/omara mora biti opremljena z ozemljitveno zbiralko za ozemljitev dohodnih kablov v skladu z EMC predpisi in uveljavljeno prakso. Bakrena (Cu) ozemljitvena zbiralka minimalnih dimenzij 30 x 5 mm mora biti nameščena vzdolž celotne dolžine omar, panelov ali plošč. Vsaka ozemljitvena

zbiralka mora biti z vodnikom H07V-k Cu 70 mm<sup>2</sup> neposredno povezana s kotlom transformatorja. Vsi kovinski kabelski zasloni zunanjih kablov (ki vstopajo v omaro) morajo biti povezani na ozemljitveno zbiralko z vijaki z metričnim navojem. Vsi kovinski kabelski zasloni notranjih kablov (ki vstopajo v to omaro) morajo biti povezani na ozemljitev preko EMC kabelskih uvodnic. Na spodnji strani omar ali omaric se uporabi pločevinaste zaporne plošče iz nerjavnega jekla.

Vsi kovinski deli omar/panelov/omaric morajo biti galvanjsko povezani v enoten galvanjski sklop, ki bo zagotavljal obratovalno varnost in primerno elektromagnetno združljivost (EMC). Kovinska vrata in drugi kovinski nepritrjeni elementi morajo biti ozemljeni na ohišje omare/panela/omarice preko pokositrane bakrene (Cu) pletene gibljive povezave minimalnega preseka 16 mm<sup>2</sup>.

Vsi elementi, namenjeni posluževanju (inštrumenti, krmilna in preklopna stikala, indikacijske lučke, tipke, zasloni in drugo) morajo biti nameščeni na ustrezni višini na prednji steni omare ali na vrata omare. V vsakem primeru mora biti omogočen izklop napajanja omare ali omarice s pomočjo ročno krmiljenih stikalnih elementov.

Deli opreme, ki so pod napetostjo, morajo biti zaščiteni pred slučajnim dotikom in označeni z ustreznimi opozorilnimi nalepkami.

Pogonske in priključne omarice morajo biti opremljene z antikondenzacijskimi grelci s termostatom, varnimi na dotik. Omare morajo biti opremljene z lučjo v led izvedbi 700-1000 lumnov, ki se prižiga in ugaša s končnim stikalom na vratih.

### **3.7.1 Kabli in ožičenje v krmilnih ter pogonskih omaricah**

Celotno ožičenje v krmilnih in pogonskih omaricah mora biti izvedeno z bakrenimi izoliranimi finožičnimi vodniki minimalnega preseka vodnika 1,5 mm<sup>2</sup>. Izolacija ožičenja in kablov mora biti ognje-odporna in UV-odporen PVC ali drug material s podobnimi lastnostmi. Brez posledic mora zdržati vse obratovalne, električne in druge obremenitve na mestu vgradnje. Vsi krmilno signalni in napajalni kabli morajo imeti kovinski zaslon, ki preprečuje vdor elektromagnetnih motenj.

Na vseh ožičenih priključkih morajo biti nameščene votlice ustrezne velikosti glede na presek žičnih zvez. Vsi zunanji priključki morajo biti priključeni na eni ali več ločenih spončnih letvah. Spončne letve morajo biti ustrezno oštevilčene z leve proti desni in od zgoraj navzdol.

Zahtevane so vrstne sponke uveljavljenih proizvajalcev in ustrezne kakovosti. Nameščene bodo na vrstnih DIN letvah. Biti morajo samostojne, negorljive in primerne za spoj kompaktnih ali pletenih vodnikov. Vsaka spončna letva mora vsebovati dodatnih 20 % rezervnih sponk. Med vsakim tokokrogom in različnimi skupinami krmilno-signalnih vodov se uporabijo izolacijske pregrade. Njihova oblika mora biti taka, da zagotavljajo ustrezno zaščito, obenem pa tudi enostaven dostop do sponk.

Priključki morajo biti pravilno površinsko zaščiteni proti oksidaciji in škodljivim pojavom elektrolize. Vsi priključki morajo biti trajno in pravilno označeni. Oznake morajo biti trdno nameščene, da ne odpadejo, če je žična zveza odpeta.

### 3.7.2 Signalna omara

Signalna omarica mora biti zaradi enostavnosti priključevanja signalnih kablov, čim bližje pogonski omarici regulacijskega stikala in sicer na desni strani gledano proti pogonski omarici regulacijskega stikala.

Omarica mora vsebovati naslednjo opremo:

- nizkonapetostne razdelilne naprave ter
- merilno, nadzorno in zaščitno opremo.

Napajanje signalne omare naj bo izvedeno preko dovodnega ločilnega stikala. Signalizacija izpada napetosti se izvede s podnapetostnim relejem.

Za napajanje posameznih naprav se predvidijo vsaj naslednji napajalni odcepi:

- krmilna omarica regulacijskega stikala,
- ločeno za vsak sklop merilne opreme,
- razsvetljava omarice in napajanje grelca proti kondenzaciji,
- servisna enofazna in trifazna vtičnica, obe varovani z zaščitnimi stikali,
- preostala pomožna oprema.

Nastavitev termostatov in kontaktnega termometra prikazuje tabela spodaj:

Termoslika - alarm	TS1	signalizacija	90 °C
Termoslika - izklop	TS2	izklop transformatorja	100 °C
Kontaktni termometer	KT1	signalizacija	90 °C
Kontaktni termometer	KT2	izklop transformatorja	100 °C
Termostat I	T1	signalizacija	90 °C
Termostat II	T2	izklop transformatorja	100 °C

### 3.8 Merilna, nadzorna in zaščitna oprema

Transformator naj bo opremljen z najmanj naslednjimi napravami, ki morajo biti ožičene na ustrezne priključne sponke z:

- enim (1) plinskim relejem z dvema setoma neodvisnih pomožnih kontaktov,

- enim (1) kapilarnim termometrom za merjenje temperature olja z indikatorjem maksimalne vrednosti in z ustreznim številom neodvisnih in nastavljivih kontaktov (dva galvansko ločena kontakta) za lokalno/daljinsko alarmiranje ali izklope. Obseg temperaturne indikacije mora biti od 0 do 150 °C,
- enim (1) instrumentom za spremljanje termične slike navitij za lokalni in daljinski nadzor (dva galvansko ločena kontakta),
- enim (1) tokovnim transformatorjem v fazi V VN navitja za spremljanje temperature navitij,
- omarico za namestitve merilnih elementov temperature,
- enim (1) termometrom uporovnega tipa (Pt100, trivodniški) za daljinske meritve temperature olja zgoraj,
- enim (1) oljekazom magnetnega tipa z dvema neodvisnima in nastavljivima kontaktoma (nizek in visok nivo) za olje v kotlu transformatorja,
- enim (1) vzmetnim varnostnim ventilom na kotlu z izklopnimi kontakti,
- enim (1) zaščitnim-plinskim relejem regulacijskega stikala,
- enim (1) oljekazom magnetnega tipa z dvema neodvisnima in nastavljivima kontaktoma (nizek in visok nivo) za olje regulacijskega stikala.

Vsa merilna, prikazna in zaščitna oprema se napaja iz 110 V DC, razen če ni v drugi dokumentaciji drugače določeno. Če so potrebni nižji napetostni nivoji, se v ta namen za napajanje dovoljujejo le industrijski DC/DC pretvorniki, ki so namenjeni za montažo na DIN letev, imajo vijačne priključne sponke in so s strani proizvajalca deklarirani za uporabo v tovrstnih sistemih. Vsi analogni dajalniki morajo biti grajeni za izhodni tok 4-20 mA in obvezno imeti izoliran DC izhod.

Ker bodo nekateri signali uporabljeni v različnih sistemih, morajo biti vse naprave opremljene z zadostnim številom potencialno prostih in medsebojno ločenih pomožnih kontaktov, pri čemer morajo biti strogo ločeni tokokrogi zaščitnega izklopa od drugih funkcij. Če tega ni mogoče doseči s standardno opremo, morajo biti uporabljeni ustrezni ločilni releji (stikalna zmogljivost 250 V/10 A DC), kar pa ne velja za dajalce, ki so namenjeni zaščitnim funkcijam.

#### **3.8.1.1 Termična slika navitja (WTI)**

Za merjenje temperature navitja mora WTI omogočati spremljanje termične slike navitij za lokalni in daljinski nadzor, z ustreznim številom nastavljivih kontaktov za potrebe krmiljenja, hlajenja, daljinskega alarmiranja in za izklope. Poleg potencialno neodvisnih kontaktov mora biti opremljen tudi z analognim izhodom. Termična slika naj bo montirana v omarici z merilnimi elementi temperature, nameščeni levo gledano proti pogonski omarici regulacijskega stikala.

Naprava mora obsegati:

- zajem temperature z obsegom merjenja temperature od 0 °C do 150 °C,
- tokovni transformator v fazi V VN navitja za spremljanje temperature navitij razreda 3 Fs 5.



### **3.8.1.2 Kontaktni termometer (OTI)**

Kapilarni termometer za merjenje temperature olja navitij mora delovati po principu spremembe volumna polnila v tipalu, ki se preko membranske kapsule in mehanizma prenaša na kazalec instrumenta za vizualni prikaz, na indikator maksimalne vrednosti in na nastavljive kontakte. Obseg temperaturne indikacije mora biti od 0 do 150 °C. Poleg potencialno neodvisnih kontaktov mora biti opremljen tudi z analognim izhodom. Kontaktni termometer naj bo montiran v omarici z merilnimi elementi temperature.

### **3.8.1.3 Plinski rele (t.i. Buchholz)**

Plinski rele se vgradi med transformatorski kotel in konzervator - nameščen mora biti tako, da se v njem zbirajo vsi plini, ki lahko nastanejo v transformatorju. V priključno cev za priključek plinskega releja morajo biti vgrajeni zasuni tako, da je omogočena zamenjava releja brez izpusta olja iz konzervatorja.

Rele mora imeti kontakte:

- za signalizacijo (nabiranje plina) 2× in
- za izklop (hiter pretok olja) 2×.

### **3.8.1.4 Varnostni ventil**

Varnostni ventil-oddušnik z vzmetjo in mehanskim kazalom delovanja služi za razbremenitev nenormalnega pritiska v transformatorskem kotlu. Ventil mora segati vsaj 25 mm v kotel, da je s tem preprečena akumulacija plinov. Montiran mora biti na pokrovu kotla ter opremljen s cevjo, ki usmerja tok olja ob transformatorju v oljno jamo. Varnostni oddušnik naj ima signalizacijo delovanja in električni kontakt za izklop.

### **3.8.1.5 Sušilec zraka**

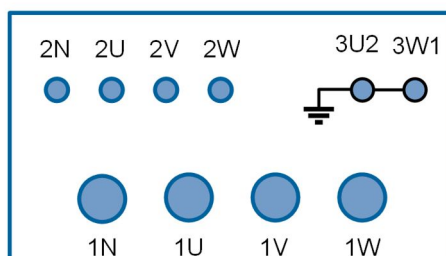
Vsak konzervator (glavnega dela, v primeru regulacijskega stikala tudi konzervator regulacijskega stikala) mora biti opremljen z enim sušilcem zraka in oljno loputo. Sušilec zraka mora biti izvedbe, ki ne potrebuje vzdrževanja oziroma zamenjave silikagela. Sušilec mora biti opremljen z grelcem za sušenje silikagela, ko je ta zasičen z vlago. Primeren mora biti za temperaturno območje okolja, napajalna napetost je 230 V AC, signalni kontakti morajo ustrezati krmilni napetosti. Napajalni tokokrog mora biti ščiten s podtokovno zaščito. Kabelske povezave naj bodo ustrezno mehansko zaščitene pred ptiči/glodalci.

## **3.9 Skoznjiki in transformatorski priključki**

Skoznjiki morajo biti popolnoma oljetesni in opremljeni s priključki za merjenje izgubnega kota  $\tan \delta$  brez odstranitve primarnih priključkov. Njihova zamenjava mora biti mogoča z minimalnim znižanjem nivoja olja v kotlu transformatorja.

Vsak kompletiran skoznjik mora biti trajno označen s proizvajalčevim imenom ali identifikacijskim znakom, letom proizvodnje, serijsko številko, električnimi in mehanskimi karakteristikami v skladu s SIST EN 60137 in dovoljenim največjim kotom nagiba, če je večji od 30°.

Spodaj je prikazana razporeditev priključkov ter fazno zaporedje na pokrovu transformatorja:



### 3.9.1 VN skoznjiki

Transformatorski VN skoznjiki morajo biti kondenzatorskega tipa (kapacitivni), z izvodi za merjenje kota izgub in čepi za izpust zraka ter proizvedeni v EU. Izolator mora biti kompozitni.

Skoznjiki morajo biti izdelani v tehnologiji RIP (izolacijski papir, impregniran s smolo) in ne smejo vsebovati olja. Dovoljen je samo visokotemperaturno odporni vulkanizirani silikonski kavčuk (HTV) ali tekoči silikonski kavčuk (LSR). Vsebovati mora najmanj eno tretjino čiste silikonske gume in mora biti odporen na UV svetlobo, zato ne sme imeti primesi, ki niso odporne na UV (etilen vinil acetat EVA, etilen propilen kavčuk EPR idr.). Silikonski kompozitni skoznjiki morajo biti v skladu z zahtevami SIST EN 61462 in SIST EN 62217. Izolatorji (konstrukcija in tipski test) se preverijo v skladu s standardom SIST EN 61462. V skladu z istim standardom se opravi tudi kosovni test za vsak izolator. Izkoristek hidrofobnosti mora biti skladen z IEC TS 62073 (obnova hidrofobnosti WC 1-3 48 ur po popolni izgubi hidrofobnosti). Vsak kompletiran skoznjik mora biti trajno označen s proizvajalčevim imenom ali identifikacijskim znakom, letom proizvodnje, serijsko številko, električnimi in mehanskimi karakteristikami po SIST EN 60137 in dovoljenim največjim kotom nagiba, če je večji od 30°.

Vzdržati morajo termične, dinamične in električne obremenitve, ki se pojavljajo v obratovanju energetskega transformatorja.

Skoznjiški izolatorji 110 kV morajo biti proizvodnje od renomiranega proizvajalca elektroenergetske opreme (kot npr. HITACHI ABB ali podobno).

Priključki na 110 kV izolatorjih morajo biti izvedeni z okroglimi priključnimi sponkami, da bi s tem zmanjšali vpliv korone na radijske motnje.

### 3.9.2 NN skoznjiki

Skoznjiki na nazivni napetosti 20 kV naj imajo trdno izolacijo in morajo biti konektorskega tipa z notranjo konusno pušo, proizvajalca PFISTERER. Število zahtevanih priklopov za fazne in nevtralni priključek je navedeno v tabeli tehničnih podatkov. Skupaj s priključkom mora biti dobavljen tudi priključek na strani kabla.

NN (20 kV) priključki morajo biti oklopljene izvedbe po sistemu konektorskega (plug-in) kabelskega priključka in morajo biti od renomiranega proizvajalca elektroenergetske opreme. Fazni priključki morajo omogočati priklop do treh vzporednih kablov na posamezno fazo + konektorski prenapetostni odvodnik (plug-in), skupaj štiri priklope na enoto. Ničelni priključek mora omogočati priklop enega kabla + konektorski prenapetostni odvodnik (plug-in), skupaj dva priklopa na enoto.

Dobavitelj dobavi ustrezne plug - in končnike (3 x garnitura (3.kos) za posamezno fazo + 1 x garnitura (3.kos) za nevtralno točko), ki se bodo priključili v predpisani ženski del konektorja. Dobavitelj dobavi tudi štiri plug - in odvodnike prenapetosti na transformator (3 x faza + 1 x nevtralna točka), ki se bodo priključili v predpisani ženski del konektorja. Karakteristike končnikov in odvodnikov so podane v "Tabeli tehničnih zahtev".

### 3.9.3 TN skoznjiki

V primeru izvedbe TR s terciarnim navitjem se priključka na terciarno navitje izvedeta z dvema skoznjikoma na pokrovu transformatorja. Skoznjika morata biti mehansko in električno zavarovana s pokrovom. Priključka "3U2" in "3W1" se medsebojno kratko vežeta in ozemljita. Spojne vezi morajo biti dobavljene s transformatorjem.

## 3.10 Transformatorsko olje in izolacijski papir

Transformatorsko olje mora biti novo in mora ustrezati vsem navedenim zahtevam v tabelah tehničnih podatkov. Transformatorsko olje naj bo od proizvajalca in tipa, kot je navedeno v spodnji tabeli. Kakovost izolacijskega olja potrjuje proizvajalec olja z atestom, ki ne sme biti starejši od 6 mesecev.

Transformator	Tip olja		
	Nynas Nytro 4000X	Nynas Nytro 10 XN	Ergon HyVolt III
TR 110/21/10,5 kV, YNyn6+d5, 31,5 MVA	X	X	X

Uporabljen izolacijski papir naj bo termično stabiliziran in proizvajalca Weidmann. Če želi ponudnik uporabiti papir drugega priznanega proizvajalca, mora za to pridobiti strinjanje.

Odvzem vzorcev izolacijskega papirja se opravi pred pričetkom izdelave navitij. Analiza stopnje polimerizacije vzorcev (po SIST EN 60450) se izvede po končnem sušenju aktivnega dela transformatorja, pri čemer odvzeti vzorci spremljajo navitja transformatorja skozi prvo in drugo sušenje.

Odvzem vzorcev transformatorskega olja se opravi pred prvim polnjenjem, po izvedenih dielektričnih preizkusih, v primeru izvedbe po preizkusu segrevanja, po končanih tovarniških preizkusih in pred prvim zagonom.

Pred prvim polnjenjem transformatorja v tovarni se odvzame vzorec in opravi preiskava kakovosti novega transformatorskega olja za transformatorje (po SIST EN 60296 TVAL in SIST EN 61125 – metoda C).

Transformator se v tovarni pri preizkusih napolni z njegovim originalnim oljem. Pred prvim zagonom se opravi preiskava transformatorskega olja v skladu z IEC 60422 - Tabela 3 in dodatnimi zahtevami, navedenimi v tabeli tehničnih podatkov. Izvede se tudi FTIR spektralna primerjava vzorcev olja pred tovarniškimi preizkusi in pred prvim zagonom transformatorja.

Odvzem vzorcev in testiranja za papir ter olje opravi na željo naročnika pooblaščen in akreditirana neodvisna inštitucija.

V primeru dostave transformatorja brez olja naj bo ta napolnjen s suhim zrakom pod tlakom, višjim od atmosferskega. Olje, ki je odstranjeno iz transformatorja zaradi transporta, mora biti dostavljeno v cisternah, ki so pod nadtlakom.

### 3.11 Prenapetostni odvodniki 20 kV za vgradnjo na transformator

Prenapetostni odvodniki za vgradnjo na transformator v faznih in nevtralnih priključkih morajo biti kovinsko oksidne izvedbe brez iskrišč, izdelani iz kovinsko oksidnih nelinearnih uporovnih elementov. Ustrezati morajo zahtevam standarda SIST EN 60099-4.

Na transformator je treba namestiti prenapetostni odvodnik v izolirani izvedbi s priključitvijo konektorskega tipa, ki je kompatibilen z vgrajenim konektorskim priključkom. Prenapetostni odvodniki morajo biti izbrani tako, da upoštevajo osnovni izolacijski nivo ostale NN opreme v stikališču. 20 kV omrežje je neučinkovito ozemljeno (ozemljeno je preko uporov ali Petersenovih dušilk).

Tehnične značilnosti prenapetostnih odvodnikov 20 kV so podane spodaj:

	Opis	Enota	Zahtevana vrednost (fazni priključki)	Zahtevana vrednost (nevtralni priključek)
VREDNOSTI IN KARAKTERISTIKE				
1.	Nazivna napetost sistema	kV	20	
2.	Najvišja dovoljena obratovalna napetost	kV	24	12
3.	Nazivna napetost prenapetostnega odvodnika	kV	30	15
4.	Najvišja trajna obratovalna napetost $U_c$ po IEC	kVrms	$\geq 24$	$\geq 12$
5.	Nazivna frekvenca	Hz	50	50
6.	Energijski razred		SL ali DH	SL ali DH
7.	Temperaturno območje okolice	°C	-20, +40	-20, +40

Prenapetostni odvodniki morajo biti preizkušeni najmanj po zahtevah SIST EN 60099- 4 ter drugih veljavnih standardih in predpisih.

## **4. VPLIV NA OKOLJE IN VZD**

### **4.1 Elektromagnetna združljivost (EMC)**

V razdelilni transformatorski postaji morajo biti izvedeni zaščitni in varnostni ukrepi za odstranitev oz. ublažitev elektromagnetnih motenj, ki vplivajo na delovanje vseh občutljivejših el. naprav.

Tako so posamezne komponente opreme izpostavljene 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 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 energetske ter elektronskih naprav. Naravne motnje so predvsem atmosferske motnje. Vse ostale motnje pa 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.

#### **☐ Zagotovitev elektromagnetne kompatibilnosti se doseže z različnimi ukrepi v postaji:**

- razpored opreme v omarah in konstrukcija omar,
- kabli in polaganje kablov,
- izenačevanje potencialov v objektu,
- zaslanjanje in ukrepi za zmanjšanje elektromagnetnih motenj,
- izvedba ozemljitev in strel vodne napeljave.

#### **☐ Za sekundarne tokokroge se morajo uporabljati predpisani kabli in upoštevati naslednja pravila:**

- uporabljajo se samo kabli z bakrenimi zaslon,
- zaslon mora biti najmanjšega preseka 4 mm<sup>2</sup>,
- konstrukcija zaslona mora biti takšna, da čim bolj pokrije obseg kabla,
- zaslon 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 ali med gosto postavljenimi primarnimi elementi, je priporočljivo uporabljati zaslon 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 omilitvev elektromagnetnih motenj in predvsem v skladu z zadnjo izdajo standardov npr. SIST IEC 61000, SIST EN 61204, SIST EN IEC 62368-1 in SIST EN 50575.

Zahteve za primarno in sekundarno opremo ter sisteme na področju elektromagnetne združljivosti EMC izhajajo iz stanja tehnike, ki je opisano s standardom SIST EN 62271-1. Navedene zahteve opredeljujejo motnje, ki jih primarna oprema seva v okolje in motnje, ki potujejo po sekundarnem ožičenju od primarne opreme do sekundarne opreme in sistemov

## **5. PREVZEMI IN PREIZKUSI**

### **5.1 Preizkušanje energetskega transformatorja**

Preizkušanje energetskega transformatorja se mora izvršiti v skladu s standardom SIST EN 60076-1.

Da se priznajo vse meritve, morajo biti izpolnjeni naslednji pogoji:

- merilni transformatorji za termosliko morajo imeti razred točnosti 0,2,
- merilni instrumenti za termosliko morajo imeti razred točnosti 0,1,
- instrumenti in merilni transformatorji morajo biti žigosani in potrjeni od pooblaščenice ustanove,
- merjenje izgub v železu in bakru mora biti opravljeno po metodi treh Wattmetrov,
- izračuni morajo biti opravljeni takoj po meritvah (pred podpisom zapisnika o prevzemanju transformatorja),
- opravljene fizikalno-kemijske preiskave olja.

### **5.2 Tovarniški prevzemni preizkusi**

Tovarniški prevzemni preizkusi (FAT) se izvedejo v tovarni ob prisotnosti predstavnikov naročnika. Program FAT je predmet odobritve naročnika.

Ponudnik mora ob FAT-u predložiti dokazila o brezhibnosti opreme. Vsa morebitna odstopanja od zahtevanih vrednosti se bodo dokumentirala v dnevniku proizvodnje transformatorja. Predstavniki naročnika in ponudnika skupaj sestavijo zapisnik o potrebnih popravilih transformatorja oziroma njegove opreme. Predstavniki naročnika ima v primeru odstopanj pravico zahtevati prekinitev preizkusov in njihovo ponovno izvedbo.

Ponudnik je ne glede na to, da je rezultat testov s strani naročnika odobren, tudi po montaži transformatorja še vedno odgovoren za njegovo pravilno delovanje.

Tovarniški prevzemni preizkusi morajo obsegati najmanj naslednje:

- pregled naprave in preverjanje glavnih dimenzij transformatorja,
- meritev prestavnega razmerja in kontrola vezne skupine,
- meritev ohmskih upornosti navitij v vseh stopnjah,

- meritev izolacijskih upornosti (med navitji in ozemljenimi deli, magnetnega jedra proti kotlu in okvirju, med letvami),
- meritev izgub in toka praznega teka (napajanje z nizkonapetostne strani, pri napetosti 0,9; 1,0 in  $1,1 \times U_n$ ),
- meritev višjih harmonikov toka praznega teka,
- meritev izgub in napetosti kratkega stika (v primeru TR z regulacijskim stikalom pri srednjem in obeh skrajnih položajih),
- izračun indeksa konične učinkovitosti (PEI) in faktorja obremenitve,
- meritev nične impedance (v vseh kombinacijah),
- dielektričen preizkus z napetostjo iz tujega vira 50 Hz, 60 s,
- dielektrični preizkus z inducirano napetostjo – IVPD,
- preizkus z atmosfersko udarno napetostjo,
- meritev delnih (parcialnih) praznjenj,
- meritev jakosti hrupa pri  $U_n$  v skladu z metodo zvočnega tlaka po IEC,
- HPLC in plinsko kromatografsko preiskavo se izvede pred dielektričnimi preizkusi, po njih in po segrevanju,
- analiza stopnje polimerizacije (DP) izolacijskega papirja po sušenju transformatorja,
- preizkus regulacijskega stikala,
- meritev stresane induktivnosti,
- meritev magnetilnih tokov pri napetosti 400 V, 50 Hz,
- meritve kapacitivnosti in izgubnega kota  $\tan \delta$ ,
- meritve kapacitivnosti in izgubnega kota  $\tan \delta$  VN skožnjikov,
- meritev frekvenčne karakteristike (FRA),
- meritve na vgrajenih tokovnih transformatorjih,
- preizkus z napetostjo 2 kV na ožičenju, krmilnih in nadzornih napravah,
- funkcionalni preizkus zaščitne in preostale opreme na transformatorju,
- meritev prebojne napetosti izolacijskega olja iz transformatorja,
- preizkus z nadtlakom 35 kPa celotnega transformatorja,
- vakuumski preizkus tesnosti in
- pregled protikorozijske zaščite.

Ustreznost meritev EMC združljivosti mora pregledati in potrditi strokovnjak za EMC.

### 5.3 Preizkusi na mestu vgradnje

Podrobnosti merilnih metod, pogojev in njihova izvedba bodo dogovorjeni na podlagi programa preizkusov. Skupno se dogovorita tudi o posebnih pogojih preizkusnega obratovanja (na primer pogoji omrežja).

Vso potrebno standardno in specialno opremo in osebje za preizkušanje, VN merilne vire, lestve in vso drugo opremo, ki je potrebna za opravljanje preizkusov, mora zagotoviti dobavitelj.

Če transformator ne bo izpolnjeval vseh zahtevanih sprejemnih pogojev, bosta ponudnik in naročnik sestavila pisni dogovor o posledicah neizpolnjevanja pogojev.

Na objektu se morajo v okviru prevzemnih preizkusov opraviti vsaj naslednji pregledi, preizkusi in meritve:

- vizualni pregled,
- pregled končne protikorozijske zaščite,
- funkcionalni preizkus regulacijskega stikala,
- funkcionalni preizkus plinskega releja,
- funkcionalni preizkus krmilne, nadzorne in ostale opreme,
- pregled kazalčnih inštrumentov,
- funkcionalni preizkus kazalnika nivoja olja,
- preizkus tesnjenja transformatorja in hladilnega sistema,
- pregled vseh ventilov, zasunov in podobno za nemoten pretok olja in zraka,
- meritev upornosti navitij,
- meritev izolacijskih upornosti,
- meritve kapacitivnosti in izgubnega kota  $\tan \delta$ ,
- meritve kapacitivnosti in izgubnega kota  $\tan \delta$  VN skoznjikov,
- meritev stresane induktivnosti,
- meritev magnetilnih tokov pri napetosti 400 V, 50 Hz,
- meritev frekvenčnega odziva (FRA),
- meritev prebojne trdnosti in vsebnosti vode v izolacijskem olju,
- fizikalno-kemijska preiskava olja iz novega transformatorja,
- plinsko-kromatografska preiskava transformatorja.

#### **5.4 Končni prevzem opreme**

Po zaključeni montaži celotne opreme naročnik opravi Interni Strokovno tehnični pregled (ISTP). Do ISTP-ja mora biti izdelana in predana vsa projektna in tehnična dokumentacija, skladno s pogoji iz razpisne dokumentacije. Če naročnik pri ISTP-ju ugotovi pomanjkljivosti v zapisniku opozori nanje dobavitelja in določi rok, v katerem jih mora odpraviti.

Po uspešno zaključenih in zapisniško potrjenih pregledih, preizkusih in meritvah dobavitelj ter naročnik izdelata in potrdita zapisnik o prevzemu opreme - zatem je naprava pripravljena za preizkusno obratovanje.

#### **5.5 Pregled ustreznosti prostorov proizvodnih procesov**

Za zagotavljanje dolge življenjske dobe transformatorja mora proizvajalec razpolagati s tehnologijo in proizvodnim procesom, ki zagotavlja čistost proizvodnih prostorov po standardu SIST EN ISO 14644-1 in tehnologijo, ki preprečuje vnos nečistoč v proizvodnih prostorih.



Za izpolnitev zahteve po čistosti proizvodnih prostorov v oddelku sestave magnetnega jedra, izdelave navitij, sestave navitij, montaže aktivnega dela in končne montaže, mora proizvajalec priložiti dokazilo neodvisne strokovne inštitucije o doseganju zahtevanega razreda čistosti. Dokazilo mora vsebovati tudi podatke o izvedenih meritvah prašnih delcev v zgoraj navedenih proizvodnih prostorih, iz katerih je razvidno izpolnjevanje kriterija zahtevanega razreda.

Za izpolnitev zahteve po preprečitvi vnosa nečistoč, mora proizvajalec predložiti ustrezen atest zrakotesnosti objekta v katerem se bodo izvajala zaključna montažna dela na aktivnem delu transformatorja po zaključnem postopku sušenja do zalitja s transformatorskih oljem in hermetičnem zaprtju transformatorskega kotla. Zahtevan atest mora biti opravljen skladno z zahtevami standarda SIST EN 13829 in izdan s strani neodvisne strokovne inštitucije.

Za zagotavljanje kvalitete izolacije in zmanjšanja vplivov staranja ter s tem povezano dolgo življenjsko dobo mora proizvajalec razpolagati s tehnologijo in proizvodnimi procesom, ki omogoča nadzorovano temperaturo in relativno vlažnost v proizvodni hali v kateri se bodo izvajala zaključna montažna dela na aktivnem delu transformatorja po zaključnem postopku sušenja do zalitja s transformatorskih oljem in hermetičnem zaprtju transformatorskega kotla. Predvsem je pogoj, da je proizvajalec v fazi zaključnih montažnih del na aktivnem delu, to je v fazi po končanem sušenju in vstavljanju aktivnega dela v kotel do njegovega zalitja z oljem, sposoben zagotoviti relativno vlažnost v prostoru, ki ne presega 15 % pri temperaturi prostora 25 °C. V času od zaključenega sušenja do hermetičnega zaprtja transformatorskega kotla se dovoljuje zgolj enkratna izpostavljenost aktivnega dela transformatorja nekontrolirani atmosferi v trajanju maksimalno 2 uri, v kolikor proizvodni proces to zahteva.

Za izpolnitev te zahteve mora proizvajalec predložiti ustrezen atest - meritev temperature in relativne vlažnosti proizvodnega prostora v katerem se izvaja zaključna montaža, izdan s strani neodvisne strokovne inštitucije, ki ni starejši od treh let.

Naročnik si pridržuje pravico ogleda proizvodnega objekta in preverbe dejanskega stanja-audit glede izpolnjevanja zahtev iz zgornjih točk, ob pomoči neodvisne akreditirane strokovne inštitucije v EU.

## **6. DOKUMENTACIJA**

Pred pričetkom izdelave transformatorja mora ponudnik dostaviti naročniku seznam vseh predvidenih dokumentov z navedbo formata originalnega dokumenta. Iz seznama dokumentov morajo biti razvidni tudi datumi predvidene predaje dokumentov naročniku in že odobrene izvirne oblike dokumentov. Iz predloženega seznama bo naročnik določil dokumente, ki jih bo preveril in potrdil v skladu z dogovorjenim terminskim planom.

Vsa dokumentacija mora po obliki, vsebini in uporabljenem jeziku ustrezati zahtevam slovenske zakonodaje in mednarodnim standardom. Dostavljeni morajo biti vsi relevantni dokumenti za vzdrževanje, skladno s SIST EN 13460.

Dokumentacija (v smislu podnožja kotla) za naročnikove potrebe projektiranja gradbenih del (temelj transformatorja), mora biti predložena naročniku najkasneje tri (3) mesece po podpisu pogodbe.

Vsi dokumenti se predložijo v tiskani in elektronski različici, pri čemer se upošteva, da se posamezni dokumenti predložijo ločeno v enem od običajnih elektronskih formatov. Elektronski formati morajo biti ustrezno označeni za odpiranje in lažje iskanje v dokumentnem sistemu. Ponudnik mora vso tehnično dokumentacijo (potrjeno in podpisano s strani naročnika in ponudnika ) predložiti naročniku v dveh (2) papirnatih izvodih in na USB ključu (DWG, PDF, DOCX, XLSX, 3D BIM, idr.). Model transformatorja mora biti tudi v BIM obliki (.IFC oblika) in v 3D ACAD obliki (.STP oblika).

Dodatno pa se ponudnik zavezuje, da bo po dobavi in vgradnji posameznega energetskega transformatorja, za potrebe naročnika izpolnil priloženo tabelo, ki je navedena v tabelah tehničnih podatkov in katero mora naročnik nato posredovati podjetju ELES.

## **6.1 Dokumentacija ob predložitvi ponudbe**

Ponudnik mora v ponudbo priložiti najmanj naslednjo dokumentacijo:

- dokumente, zahtevane v splošni razpisni specifikaciji,
- specifikacijo opreme in del ter izpolnjene tabele tehničnih podatkov,
- poročilo rutinskih in tipskih preizkusov za enak ali podoben transformator,
- izračun učinkovitosti hladilnega sistema,
- karakteristike praznega teka in kratkega stika (računski podatki),
- izračun hrupa,
- izračun odpornosti transformatorja na sile, ki nastanejo v kratkem stiku,
- opis proizvodnje magnetnega jedra in navitij ter izdelave transformatorja,
- opis in dokazila ustreznosti proizvodnih procesov, skladno z zahtevami poglavja 5.5,
- opis in dokazila postopka izvedbe zaključne montaže transformatorja v tovarni, skladno z zahtevami poglavja 5.5,
- preliminarne risbe transformatorja,
- preliminarne diagrame dopustnih kratkotrajnih in dolgotrajnih preobremenitev,
- podatke o materialih, ki bodo uporabljeni za izdelavo jeder, navitij in izolacije navitij,
- QC protokole vhodnih materialov aktivnega dela in kotla,
- risbe, kataloge in brošure vseh standardnih elementov, vgrajenih na transformator,
- preliminarni terminski plan za izdelavo in dobavo transformatorja,
- predlog terminskega plana za predajo dokumentacije v seznanitev in odobritev.

Odstopanja od zahtev razpisne dokumentacije in vrednosti, zahtevanih v tabelah tehničnih podatkov, morajo biti navedena v Seznamu odstopanj, ki ga je treba priložiti ponudbi. Če naročnik ugotovi, da so odstopanja od zahtevanih Tehničnih specifikacij nesprejemljiva, bo ponudba zavrnjena.

## 6.2 Tovarniška dokumentacija

Nabor zahtevanih dokumentov:

- načrt klasifikacije dokumentov za vso dokumentacijo s seznamom dokumentov in datumi izdaje tega seznama,
- merska skica transformatorja,
- seznam sestavnih delov in naprav na transformatorju (v slovenskem jeziku),
- transportna skica,
- transportna tablica,
- napisna ploščica in shema vezave (v slovenskem jeziku),
- merska skica skoznjikov,
- merske skice omar na transformatorju (omara merilne, nadzorne in zaščitne opreme, omara regulacijskega stikala idr.),
- ploščice vseh ventilov in oznake položajev,
- sheme delovanja hladilnega sistema, sistema meritev in primarne zaščite transformatorja,
- diagram dopustnih kratkotrajnih in dolgotrajnih preobremenitev,
- tehnično dokumentacijo regulacijskega stikala,
- dokumenti za pregled načrta navitij in aktivnega dela,
- izračun učinkovitosti hladilnega sistema,
- karakteristike praznega teka in kratkega stika (računski podatki),
- izračun protipotresne odpornosti,
- izračun hrupa,
- izračun odpornosti transformatorja na sile, ki nastanejo v kratkem stiku,
- seznam opreme in materialov aktivnega dela z navedbo proizvajalcev,
- izračun protipotresne odpornosti,
- predlog temelja transformatorja,
- preliminarni seznam alarmov in signalizacij z opisom dajalcev,
- sheme delovanja regulacijskega stikala,
- poročilo o procesu sušenja,
- način izvedbe ozemljitve jedra,
- načrt položitve krmilno signalnih, merilnih in napajalnih kablov po transformatorju,
- sistem protikorozivne zaščite,
- navodila za QA/QC,
- podroben opis programa testiranja v času izdelave transformatorja,
- podroben opis programa testiranja v času montaže transformatorja,
- ponudnik mora dostaviti BIM modele naprav in opreme,
- testna oprema: izvajalec mora pripraviti in predložiti postopke za vsako merilno metodo posebej ter za vsako merilno napravo predložiti veljavni kalibracijski certifikat,
- testna poročila in morebitna druga dokumentacija, povezana s testiranjem,

- navodila za obratovanje in vzdrževanje transformatorja in njegove opreme v slovenskem jeziku,
- impedančni model transformatorja za vključitev v obratovalne analize (kot izpolnitev tabele v Tehničnih zahtevah na zadnji strani),
- specifikacijo kablov, instaliranih na transformatorju (kabli lastne rabe, krmiljenja, signalizacije itd.),
- dnevnik montaže transformatorja v RTP-ju,
- program šolanja,
- kopijo tehnične dokumentacije transformatorja in njegove opreme z evidenco vseh modifikacij, ki so bile izvedene med izdelavo in montažo, potrebno za izdelavo dokumentacije izvedenih del.

Ponudnik in naročnik ob podpisu pogodbe določita datume predložitve vseh dokumentov, pomembnih za sledenje rokov izdelave transformatorja (terminski plan izdelave transformatorja).

### 6.3 3D in BIM modeli

Dobavitelj mora predati na željo naročnika BIM modele naprav in opreme. Datoteke BIM modelov so izmenjane z uporabo standardiziranega odprtokodnega formata za izmenjavo informacij IFC. Uporabi se shema IFC 2x3 (Coordination View 2.0) ali IFC 4 (Reference View).

BIM modeli, predani v fazi PZI (LOD 350-400) ustrezajo načrtovani opremi in napravam. BIM modeli, predani v fazi PID (LOD 500) ustrezajo dejansko vgrajeni opremi in napravam.

Poleg BIM modelov (.IFC datoteke) dobavitelj preda tudi 3D modele v obliki .STP formata. 3D modeli morajo biti razdeljeni na posamezne komponente (tj. ne smejo biti združeni v eno komponento) in morajo omogočati kasnejše delitve na posamezne datoteke za potrebe uporabe modelov med fazo upravljanja in vzdrževanja.

Nivo delitve ustreza najmanj posamezni napravi:

- skoznjik,
- tokovni merilni transformator,
- regulacijsko stikalo z motorjem in nadzornim sistemom,
- nadzorni sistem transformatorja,
- primarni del s kotlom hladilnim sistemom ipd.

Tehnični podatki o opremi morajo biti predani v digitalni obliki.

## **7. EMBALIRANJE, TRANSPORT IN MONTAŽA**

### **7.1 Embaliranje**

Dobavitelj je dolžan vso opremo ustrezno embalirati tako, da je zaščitena pred morebitnimi poškodbami med transportom do objekta in v objektu. Vsak kos embalaže mora biti na dveh nasprotnih straneh vidno označen, oznaka mora vsebovati osnovne podatke o vsebini, masi in navodila za pravilno rokovanje. Vsi kosi opreme, težji od 50 kg, morajo biti opremljeni za strojni transport na objektu. Vsi električni deli, ki bi jih lahko poškodovala vlaga, morajo biti v vodotesno zaprti embalaži.

### **7.2 Transport**

Konstrukcija opreme mora biti prilagojena transportu po železnici ali cesti do predmetnega objekta. Transport opreme do vseh tangiranih objektov oziroma mesta namestitve je možen po cesti. Ponudnik mora sam organizirati prevoz, natovarjanje in razkladanje opreme na končni lokaciji. Pregledati mora možnosti in način transporta težkih in velikih kosov opreme do objekta in v objektu do končnega mesta vgradnje, o čemer mora vsaj tri tedne pred transportom natančno obvestiti naročnika.

Proizvajalec energetskega transformatorja mora podati skice transportnih gabaritov posameznih elementov za transport in podatke o najtežjem delu, ki se dviga pri transportu.

### **7.3 Montaža**

Montažo transformatorja v RTP-ju zagotovi ponudnik in obsega:

- montažo transformatorja (proizvajalec oz. dobavitelj postavi in sestavi energetski transformator na temelj v RTP in ga pripravi za vključitev v obratovanje,
- specialistično osebje za nadzor montaže in za prvi vklop transformatorja na omrežje,
- posebna in ostala orodja in naprave za montažo,
- vse zagonske in funkcionalne preizkuse.

Izvajalec montažnih del, ki ga bo predlagal ponudnik, mora biti potrjen s strani naročnika. Transformator naj bo v največji možni meri sestavljen v tovarni.

Izvajalec montažnih del mora pri transportu znotraj objekta in pri montaži upoštevati varnostni načrt. Prav tako mora upoštevati tudi vse zahteve s področja varnosti in zdravja pri delu s strani zakonodaje. Izvajalec montažnih del mora upoštevati tudi dejstvo, da morajo preostale naprave in postroji obratovati nemoteno in da so nekatere naprave in postroji pod napetostjo.

Energetski transformator mora biti izveden in pritrjen tako, da ne pride do zloma, nevarnega gibanja ali odpadanja posameznih delov ob priliki normalnega obratovanja kot tudi ob priliki potresa.

## 8. USPOSABLJANJA

Ponudnik mora ponuditi usposabljanja osebja naročnika za področje obratovanja in področje vzdrževanja, tako da bodo uporabniki primerno pripravljeni na prevzem, obratovanje in vzdrževanje dobavljene opreme.

## 9. ZAHTEVE ZA VZDRŽEVANJE

Skladno z navodili za vzdrževanje ELES.

Ponudnik mora ponuditi za transformator, naslednjo dokumentacijo namenjeno fazi vzdrževanja:

- originalna obratovalna navodila za vsak sklop energetskega transformatorja; komercialni prospekti ne štejejo za navodilo,
- navodila za vzdrževanje opreme,
- servisna navodila za preventivno vzdrževanje v slovenskem jeziku,
- servisna navodila za korektivno vzdrževanje v slovenskem jeziku,
- navodila za spuščanje v pogon v slovenskem jeziku.

Za energetski transformator naročnik ne naroča nobene rezervne opreme.

## 10. GARANCIJA

Garancijski rok za razpisano opremo je najmanj 36 mesecev od dneva podpisa zapisnika o dokončnem prevzemu opreme po opravljenih funkcionalnih testiranjih na objektu.

Garancijska doba za protikorozijsko zaščito mora biti 10 let. Če se med montažo ali v garancijskem roku pojavijo pomanjkljivosti in okvare, ki vplivajo na v razpisu zahtevano zanesljivost, bo ponudnik popravil ali zamenjal vso neustrezno opremo na lastne stroške.

V primeru okvare aktivnega dela transformatorja v fazi zagona in obratovanja v garancijski dobi, je ponudnik na osnovi ugotovitve defektaže dolžan odpraviti ugotovljeno napako v najkrajšem možnem času, skladno z njenim obsegom in garancijskimi pogoji.

Izvedbo kakršnegakoli popravila transformatorja nadzoruje naročnik ob podpori zunanjih strokovnih institucij. Pred izvedbo popravila morata naročnik in ponudnik uskladiti in potrditi s strani ponudnika izdelan načrt sanacije.

## 11. PODROBNE TEHNIČNE ZAHTEVE OPREME

### 11.1 Navodilo ponudnikom

Ponudnik mora obvezno v celoti izpolniti tabele tehničnih podatkov. Pri izpolnjevanju priloženih tabel je potrebno upoštevati, da se zahteva izpolnitev vseh rubrik s parametri ponujene opreme. Zadnji stolpec »Ponudbena vrednost« je namenjen za vrednost parametra, ki ga vpiše ponudnik glede na tehnične in tehnološke rešitve za opremo katero ponuja. Če parametri niso vpisani se šteje, da je tabela tehničnih podatkov izpolnjena nepopolno in se v tem primeru ponudba izloči. Kjer rubrika »Zahtevana (minimalna) vrednosti« ni izpolnjena mora vseeno ponudnik vpisati vrednosti ponujene opreme. Vrednosti, ki so postavljene kot »Zahtevana minimalna vrednost«, mora ponujena naprava najmanj dosegati (lahko so tudi boljše). V nasprotnem primeru se ponudba izloči.

## 11.2 Energetski transformator nazivne moči 31,5 MVA – tabela tehničnih zahtev

Št.	Opis	Enota	Zahtevana vrednost TR 31,5 MVA	Ponudbena vrednost 31,5 MVA
SPLOŠNI PODATKI				
1.	Proizvajalec / država porekla			
2.	Tip			
NAZIVNE VREDNOSTI				
3.	Nazivna izhodna moč			
	- VN navitje	MVA	31,5	
	- NN navitje	MVA	31,5	
	- TN navitje	MVA	10,5	
4.	Nazivne napetosti v praznem teku:			
	- višja napetost (VN)	kV	110	
	- nižja napetost (NN)	kV	21	
	- napetost terciarja	kV	10,5	
5.	Kratkotrajni zdržni tok (2 sek):			
	- VN navitje	kA	40	
	- NN navitje	kA	25	
	- terciarno navitje	kA		
6.	Vezalna skupina		YNyn6 + d5	
7.	Regulacijsko stikalo (število stopenj in napetostni korak)		$\pm 12 \times 1,33\%$	
8.	Vrednost nične impedance ( $Z_0$ ) – pri vseh kombinacijah navitij	%		
9.	Kratkostična napetost med VN-NN navitjem pri 75 °C v odstotkih nazivne napetosti in pri naslednjih stopnjah regulacijskega stikala:			
	- pri najvišji stopnji + 12 x 1,33%	%	15,5 $\pm$ 10 %	
	- pri srednji stopnji (+ 0 %)	%	14 $\pm$ 7,5 %	
	- pri najnižji stopnji (- 12 x 1,33%)	%	13 $\pm$ 10 %	
10.	Kratkostična napetost med VN in terciarnim navitjem pri 75 °C v odstotkih nazivne napetosti in pri srednji stopnji regulacijskega stikala (+ 0 %)	%		
11.	Kratkostična napetost med NN in terciarnim navitjem pri 75 °C v odstotkih nazivne napetosti in pri srednji stopnji regulacijskega stikala (+ 0 %)	%		
12.	Tok praznega teka pri nazivni napetosti (100%)	%	$\leq 0,1$	
13.	Ozemljitev nevtralne točke:			
	- VN navitje	LI550/ AC230	Učinkovita	
	- NN navitje	LI125/ AC50	Neučinkovita	
	- terciarno navitje	LI75/ AC28	/	



Št.	Opis	Enota	Zahtevana vrednost TR 31,5 MVA	Ponudbena vrednost 31,5 MVA
IZGUBE (Skladno z: »Uredba komisije (EU) 2019/1783« vključno s posodobitvami)				
14.	PEI v skladu z uredbo komisije	%	$\geq 99,712$	
15.	Izgube v praznem teku pri nazivni napetosti, 50 Hz	kW	$\leq 13 + 5\%$	
16.	Izgube v praznem teku pri 110 %-ni nazivni napetosti, 50 Hz	kW	$\leq 1,3 P_0(U_n) + 5\%$	
17.	Izgube pri nazivni obremenitvi (moči) pri temperaturi navitja 75 °C	kW	1.st $\leq 150 + 5\%$ 13.st $\leq 140 + 5\%$ 25.st $\leq 155 + 5\%$	
NADTEMPERATURE				
18.	Najvišja nadtemperatura pri nazivni moči in najvišji dopustni temperaturi okolice:			
	- zgornja plast olja (meritev s termometrom, nameščenim na vrhu kotla)	K	60	
	- navitja (vrednost, izračunana na osnovi izmerjene upornosti)	K	65	
19.	Nadtemperatura navitja na najtoplejšem mestu	K	78	
IZOLACIJSKI NIVOJI				
20.	Izolacijski nivoji:			
	- VN navitje na VN strani in pri nevtralni točki (stopnjevana izolacija)	kV	123	
	- NN navitje (enotna izolacija)	kV	24	
	- terciarno navitje	kV	12	
21.	Zdržna napetost iz tujega vira 50 Hz, 60 s med:			
	- VN in nevtralno točko	kV rms	230	
	- NN navitje in nevtralno točko	kV rms	50	
	- terciarno navitje	kV rms	28	
	- trajanje testa	s	60	
22.	Inducirane zdržne napetosti za:			
	- VN navitje	kV rms	230	
	- NN navitje	kV rms		
	- terciarno navitje	kV rms		
	- testna frekvenca	Hz	200/300	
	- trajanje testa	s	30/20	
23.	Zdržna udarna napetost za:			
	- VN navitje - atmosferska udarna zdržna napetost	kV	550	
	- VN proti nevtralni točki - atmosferska udarna zdržna napetost	kV	550	
	- NN navitje - atmosferska udarna zdržna napetost	kV	125	
	- NN proti nevtralni točki - atmosferska udarna zdržna napetost	kV	125	
	- terciarno navitje - atmosferska udarna zdržna napetost	kV	75	

Št.	Opis	Enota	Zahtevana vrednost TR 31,5 MVA	Ponudbena vrednost 31,5 MVA
24.	<b>Regulacijsko stikalo:</b>			
	- proizvajalec		Maschinenfabrik Reinhausen	
	- tip		VM III 300 Y-123 (/B 14 27 3G)	
	- nazivna napetost pogona stikala	V DC	110	
	- nazivna napetost krmiljenja stikala	V DC	110	
<b>TRANSFORMATORSKO OLJE IN PAPIR</b>				
25.	<b>Izolacijski papir po sušenju transformatorja:</b>			
	- proizvajalec papirja za izolacijo		Wiedmann	
	- povprečna vrednost stopnje polimerizacije vseh vzorcev DPv		≥1100	
	- vrednost povprečne stopnje polimerizacije posameznega vzorca DPv		≥1050	
	- vsebnost vlage papirne izolacije	%	0,5	
26.	<b>Transformatorsko olje (pred polnjenjem transformatorja):</b>			
	- količina olja v transformatorju	t		
	- proizvajalec		npr. Nynas ali Ergon	
	- komercialna oznaka olja		npr. Nytro 4000 X ali Nytro 10XN ali Ergon HyVolt III	
	- stopnja kakovosti olja		IEC 60296, tip TVA1	
27.	<b>Transformatorsko olje po polnjenju transformatorja in pred priključkom na napetost:</b>			
	Stopnja kakovosti olja po IEC 60422, z izjemo dodatnih zahtev naročnika:			
	- vsebnost vode po IEC 60814	mg/kg (ppm)	max. 5	
	- kislost po IEC 62021-1	mg	max. 0,01	
	- medpovršinska napetost po ASTM D971	mN/m	min. 40	
	- vsebnost antioksidanta po IEC 60666	% (m/m)	min. 0,3	
	- FTIR finger print spektralno ujemanje vzorcev olja, odvzetega iz transformatorja pred FAT-i in po polnjenju transformatorja		Ujemajoče prekrivanje spektrov	
28.	<b>Tovarniški preizkusi:</b>			
	Dodatne zahteve za transformatorsko olje pred dielektričnimi preizkusi in po njih, po preizkusu segrevanja in drugih preizkusih (porast koncentracij):			
	- H <sub>2</sub> (vodik)	μl/l (ppm)	< 10	
	- CH <sub>4</sub> (metan)	μl/l (ppm)	< 5	
	- C <sub>2</sub> H <sub>6</sub> (etan)	μl/l (ppm)	< 5	
	- C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> (etilen)	μl/l (ppm)	< 2	
	- C <sub>2</sub> H <sub>2</sub> (acetilen)	μl/l (ppm)	< 0,1	
	- 2 FAL (2-furfural)	μl/l (ppm)	< 0,01	

Št.	Opis	Enota	Zahtevana vrednost TR 31,5 MVA	Ponudbena vrednost 31,5 MVA
SKOZNJIKI				
29.	<i>VN skoznjiki:</i>			
	- proizvajalec		Hitachi Energy	
	- material		kompozitni s silikonskim plaščem	
	- izolacijski nivo	kV	123	
	- nazivna napetost	kV	110	
	- nazivni tok	A		
	- kratkotrajni zdržni tok (2 s)	kA	40	
	- zdržna napetost obratovalne frekvence - v suhem	kV rms	230	
	- zdržna napetost obratovalne frekvence - v mokrem	kV rms	230	
	- zdržna standardna atmosferska udarna napetost	kV	550	
	- maksimalna prelomna sila	N		
	- plazilna razdalja	mm	≥2460	
	- izvedba priključka (1U, 1V, 1W), 1N:		sornik	
	– material	Cu/Al	Al	
	– premer	mm	30	
30.	<i>NN skoznjiki faznih priključkov (konektorska izvedba):</i>			
	- proizvajalec		Pfisterer	
	- tip priključka		827 124 727 (s2)	
31.	<i>NN skoznjik nevtralne točke (konektorska izvedba):</i>			
	- proizvajalec		Pfisterer	
	- tip priključne sponke		827 661 001 (s2)	
32.	<i>Skoznjiki terciarnega navitja:</i>			
	- proizvajalec		Hitachi Energy ali Comem	
	- material		kompozitni, keramični	
	- izolacijski nivo	kV	12	
	- nazivna napetost	kV	10,5	
	- nazivni tok	A	≥630	
	- zdržna napetost obratovalne frekvence - v suhem	kV rms	28	
	- zdržna standardna atmosferska udarna napetost	kV	75	
	- maksimalna prelomna sila	N		
	- plazilna razdalja	mm	≥260	
	- zaščitni pokrov preko skoznjikov	DA/NE	DA	
	- izvedba priključka :			
	– material			
	– premer			

Št.	Opis	Enota	Zahtevana vrednost TR 31,5 MVA	Ponudbena vrednost 31,5 MVA
HLADILNI SISTEM				
33.	Hladilni sistem ONAN (predpriprava za ONAF 40 MVA)	-	DA	
34.	Število radiatorjev			
KONSTRUKCIJA				
35.	Največji vzdržni tlak kotla (over operation pressure) in pripadajočih ventilov ter druge opreme pri 24-urni obremenitvi, brez padca tlaka	kPa		
36.	Najmanjši podtlak kotla in pripadajočih ventilov ter druge opreme brez trajne deformacije	kPa		
37.	Nivo hrupa, merjen po IEC 60076-10 (po metodi zvočnega tlaka) - ONAN pri nazivni napetosti ( $U_n$ )	dB (A)	$\leq 50 + 2$	
38.	Protikorozijska zaščita in vrste premaznih sredstev po zahtevah standarda SIST EN ISO 12944-2 (točka 3.4.6 Protikorozijska zaščita)	DA/NE	DA	
39.	Vsa tesnila na transformatorju morajo biti iz vsestranskega materiala in zadostiti specifikam v točki 3.4.3 Cevovodi, ventili, spoji, tesnila)		NBR 70ShA	
40.	Bruto masa in dimenzije največjega in najtežjega posameznega dela transformatorja, ki bo transportiran in dvigovan med montažo na terenu:			
	- masa	t		
	- dolžina	m		
	- širina	m		
	- višina	m		
41.	Bruto masa in dimenzije kompletno opremljenega transformatorja, napolnjenega z oljem:			
	- masa	t	$\leq 58$	
	- dolžina	m	$\leq 7$	
	- širina	m	$\leq 4$	
	- višina	m	$\leq 5,1$	
42.	Skupna moč vseh pomožnih pogonov transformatorja med trajnim obratovanjem s polno močjo:	kW		
DRUGO				
43.	Termo slika -proizvajalec: -tip:		npr. MESSKO npr. WT1415-10 TS20 TS1	
44.	Kontaktni termometer -proizvajalec: -tip:		npr. MESSKO npr. OT1415-10 TS20 TS1	

PRIKLJUČKI (DODATNO)		Enota	Zahtevana vrednost	Ponudbena vrednost
45.	Odvodniki prenapetosti za fazni priključek (plug-in):	-	-	
	Ur	kV	30	
	Uc	kV	24	
	Ir	kA	10	
	energijski razred	-	≥1	
	velikost	-	Size 2	
46.	Odvodniki prenapetosti za nevtralni priključek (plug-in):	-	-	
	Ur	kV	15	
	Uc	kV	12	
	Ir	kA	10	
	energijski razred	-	≥1	
	velikost	-	Size 2	
47.	Kabelski končniki za fazni priključek (plug-in):	-		
	U	kV	24	
	preseka priključka	mm <sup>2</sup>	240	
	velikost	-	Size 2	
48.	Kabelski končniki za nevtralni priključek (plug-in):	-		
	U	kV	24	
	preseka priključka	mm <sup>2</sup>	150	
	velikost	-	Size 2	

Elektro Celje mora za energetski transformator TR v RTP 110/20 kV  
Elesu posredovati naslednje podatke:

1.	naziv transformatorske postaje			
2.	lastništvo in vzdrževanje transformatorja			
3.	tip transformatorja			
<b>Električne lastnosti</b>				
4.	število navitij (dve, tri)			
5.	nazivna navidezna moč (primarnega, sekundarnega in terciarnega) navitja - $S_n$ [MVA]			
6.	nazivna medfazna napetost (primarnega, sekundarnega in terciarnega) navitja - $U_n$ [kV] regulacijski obseg primar, sekundar, terciar [ $\pm$ % od $U_n$ ]			
7.	maksimalna medfazna napetost (primarnega, sekundarnega in terciarnega) navitja - $U_{max}$ [kV]			
8.	nazivni tok (primarnega, sekundarnega in terciarnega) navitja - $I_n$ [A]			
9.	nazivna frekvenca - $f_n$ [Hz]			
10.	tip, fazno število in vrsta vezave transformatorja: primarno navitje, sekundarno navitje, terciarno navitje			
11.	ozemljitev ničelne točke (ni, fiksno ali preko ločilnika)			
12.	izgube delovne moči v posameznih navitjih (primar, sekundar, terciar) [kW] izgube delovne moči v prostem teku v železu - $P_{Fe}$ [kW]			
13.	tok prostega teka - $I_0$ [% in A]			
14.	kratkostične napetosti med posameznimi navitji: primar-sekundar (pri najnižjem, srednjem in najvišjem odcepu) $u_{k\ p-s}$ [%] primar-terciar (pri najnižjem, srednjem in najvišjem odcepu) $u_{k\ p-t}$ [%] sekundar-terciar (pri najnižjem, srednjem in najvišjem odcepu) $u_{k\ s-t}$ [%] izgube delovne moči primar-sekundar pri kratkem stiku v bakru - $P_{Cu\ KS\ p-s}$ [kW] izgube delovne moči primar-terciar pri kratkem stiku v bakru - $P_{Cu\ KS\ p-t}$ [kW] izgube delovne moči sekundar-terciar pri kratkem stiku v bakru - $P_{Cu\ KS\ s-t}$ [kW]			
15.	regulacija napetosti (da/ne) tip regulacije navitja (primar, sekundar, terciar) število stopenj in velikost stopnje na regulacijski strani [%] dodana napetost pri najnižjem/najvišjem odcepu (npr. -20 % / +20 %) - $U_{min}$ , $U_{max}$ [%] od $U_n$			
16.	upornost in reaktanca vseh navitij: direktna (kratek stik) $R_{+ks}$ , $X_{+ks}$ [ $\Omega$ in p.u.] direktna (prosti tek) $R_{+pt}$ , $X_{+pt}$ [ $\Omega$ in p.u.] inverzna (kratek stik) $R_{-ks}$ , $X_{-ks}$ [ $\Omega$ in p.u.] inverzna (prosti tek) $R_{-pt}$ , $X_{-pt}$ [ $\Omega$ in p.u.] ničelna, (kratek stik) $R_{0ks}$ , $X_{0ks}$ [ $\Omega$ in p.u.] ničelna, (prosti tek) $R_{0pt}$ , $X_{0pt}$ [ $\Omega$ in p.u.] upornost in reaktanca ozemljitev: direktna (kratek stik) $R_{E+ks}$ , $X_{E+ks}$ [ $\Omega$ in p.u.] direktna (prosti tek) $R_{E+pt}$ , $X_{E+pt}$ [ $\Omega$ in p.u.] inverzna (kratek stik) $R_{E-ks}$ , $X_{E-ks}$ [ $\Omega$ in p.u.] inverzna (prosti tek) $R_{E-pt}$ , $X_{E-pt}$ [ $\Omega$ in p.u.] ničelna (kratek stik) $R_{E0ks}$ , $X_{E0ks}$ [ $\Omega$ in p.u.] ničelna (prosti tek) $R_{E0pt}$ , $X_{E0pt}$ [ $\Omega$ in p.u.]			
17.	ničelne impedance transformatorja [ $\Omega$ ] (izpolni v kolikor ima transformator možnost ozemljitve zvezdišča) tok ničelnega zaporedja napajano na primarno navitje pri kratko sklenjenem sekundarnem in kratko sklenjenem terciarnem navitju za najnižji, srednji in najvišji regulacijski odcep $Z_{0\ p1} = R_{0\ p1} + j X_{0\ p1}$ [ $\Omega$ /fazo] tok ničelnega zaporedja napajano na primarno navitje pri odprtem sekundarnem in kratko sklenjenem terciarnem navitju za najnižji, srednji in najvišji regulacijski obseg $Z_{0\ p2} = R_{0\ p2} + j X_{0\ p2}$ [ $\Omega$ /fazo] tok ničelnega zaporedja napajano na sekundarno navitje pri kratko sklenjenem primarnem in kratko sklenjenem terciarnem navitju za najnižji, srednji in najvišji regulacijski odcep $Z_{0\ s1} = R_{0\ s1} + j X_{0\ s1}$ [ $\Omega$ /fazo] tok ničelnega zaporedja napajano na sekundarno navitje, pri odprtem primarnem in kratko sklenjenem terciarnem navitju za najnižji, srednji in najvišji regulacijski odcep $Z_{0\ s2} = R_{0\ s2} + j X_{0\ s2}$ [ $\Omega$ /fazo]			
18.	magnetilna karakteristika transformatorja			