

Naročnik:

Priloga št. 14

**ELEKTRO LJUBLJANA d.d.**  
1000 Ljubljana  
Slovenska cesta 56

## **TEHNIČNI RAZPISNI POGOJI**

k javnemu razpisu za oddajo naročila

**»Dobava in montaža energetskega 110 kV transformatorja 40 MVA RTP 110/20 kV  
RTP Brdo«**

po odprtem postopku

## **TEHNIČNI RAZPISNI POGOJI**

**za dobavo energetskega transformatorja  
110/21/10,5 kV, YNyn6(d5) moči 40 MVA**

## VSEBINA

1. OSNOVNE ZAHTEVE
2. POGOJI V KATERIH OBRATUJE  
ENERGETSKI TRANSFORMATOR
3. OSNOVNE TEHNIČNE KARAKTERISTIKE  
ENERGETSKEGA TRANSFORMATORJA
  - 3.1. Izdelava
  - 3.2. Razmerje transformacije in obseg regulacije
  - 3.3. Nazivna moč
  - 3.4. Nazivna frekvenca
  - 3.5. Napetost kratkega stika
  - 3.6. Vezava energetskega transformatorja
  - 3.7. Regulacija napetosti
  - 3.8. Stopnja izolacije navitij
  - 3.9. Hlajenje energetskega transformatorja
  - 3.10. Obremenljivost in izguba življenjske dobe  
energetskega transformatorja
  - 3.11. Šum energetskega transformatorja
  - 3.12. Kratkostična moč transformatorja
  - 3.13. Izgube v energetske transformatorju
  - 3.14. Tok praznega teka
4. OSNOVNE KONSTRUKCIJSKE KARAKTERISTIKE  
ENERGETSKEGA TRANSFORMATORJA
  - 4.1. Magnetno jedro
  - 4.2. Navitja
  - 4.3. Transformatorski kotel
  - 4.4. Pokrov energetskega transformatorja
  - 4.5. Konzervator olja
  - 4.6. Naprave za hlajenje
  - 4.7. Buchholz rele
  - 4.8. Skozniški izolatorji
  - 4.9. Regulacijsko stikalo z regulatorjem napetosti
  - 4.10. Signalna omarica
  - 4.11. Varnostna izpušna cev
  - 4.12. Izolacijsko olje in papir za energetski transformator
  - 4.13. Antikorozijska zaščita
  - 4.14. Termična zaščita transformatorja
  - 4.15. Teža in osnovne mere

- 5.   **PREIZKUŠANJE IN PREGLED  
ENERGETSKEGA TRANSFORMATORJA  
PRI PREVZEMANJU V TOVARNI**
- 5.1.   Preizkušanje energetskega transformatorja
- 5.2.   Kosovno preizkušanje
- 5.3.   Posebno preizkušanje
- 5.4.   Pregledi energetskega transformatorja
- 6.   **TRANSPORT, MONTAŽA IN POSTAVITEV  
ENERGETSKEGA TRANSFORMATORJA V  
POIZKUSNO OBRATOVANJE**
- 7.   **DOKAZILA O KVALITETI**
- 8.   **REZERVNI DELI**

Tehnična priloga »A«

Tehnična priloga »B«

Tehnična priloga »C«

## **1. OSNOVNE ZAHTEVE**

- 1.1. Energetski transformator mora biti skonstruiran na osnovi najnovejših tehničnih rešitev.
- 1.2. Energetski transformator mora biti načrtovan, izdelan in preizkušen v skladu z najnovejšimi veljavnimi standardi:
  - SIST EN 60071-1 Energetski transformatorji. 1 del: Splošno,
  - SIST EN 60076-2 Energetski transformatorji. 2: del: Segretek,
  - SIST EN 60072-3 Energetski transformatorji. 3: del: Izolacijski nivoji in dielektrični preizkusi,
  - SIST EN 60076-4 Energetski transformatorji. 4: del: Navodila za preizkušanje z udarnim valom in stikalnimi prenapetostmi,
  - SIST EN 60076-5 Energetski transformatorji. 5: del: Zdržljivost pri kratkem stiku,
  - SIST EN 60076-8 Energetski transformatorji. 5: del: Navodila za obremenjevanje transformatorjev izoliranih z oljem,
  - SIST IEC 60071-1 Koordinacija izolacije v visokonapetostnih napravah,
  - SIST EN 60076-10 Določitev nivoja hrupa pri transformatorjih in dušilkah,
  - SIST EN 60214 Regulacijska stikala.

## **2. POGOJI, V KATERIH OBRATUJE ENERGETSKI TRANSFORMATOR**

- 2.1. Energetski transformator obratuje v omrežju 110 kV, v katerem je mogoča najvišja obratovalna napetost 123 kV in najnižja obratovalna napetost 99 kV.

V težjih obratovalnih pogojih oziroma v primerih večjih okvar v omrežju se dovoljuje spodnja meja obratovalne napetosti 95 kV.

- 2.2. Nevtralna točka 20 kV omrežja je ozemljena preko 80  $\Omega$ .  
Omrežje 110 kV je v Sloveniji direktno ozemljeno.
- 2.3. Energetski transformator bo obratoval na nadmorski višini do 1000 m pri sledečih temperaturah okolice:
  - najvišja temperatura zraka + 40<sup>0</sup> C,
  - srednja dnevna temperatura zraka + 30<sup>0</sup> C in
  - srednja letna temperatura zraka + 20<sup>0</sup> C.

## **3. OSNOVNE TEHNIČNE KARAKTERISTIKE ENERGETSKEGA TRANSFORMATORJA**

### **3.1. IZDELAVA**

- 3.1.1. Energetski transformator je trifazna enota s tremi ločenimi navitji. Tretje navitje (terciar) se koristi kot stabilizacijsko navitje.
- 3.1.2. Energetski transformator izdelati za zunanjo montažo.

### 3.2. RAZMERJE TRANSFORMACIJE IN OBSEG REGULACIJE

3.2.1. Razmerje transformacije v praznem teku in srednjem položaju je sledeče:  
 $110 \text{ kV} \pm 12 \times 1,33 \% / 21 \text{ kV}$

3.2.2. Tretje navitje (terciar) se izvede za 10,5 kV.

### 3.3. NAZIVNA MOČ

3.3.1. Nazivna moč je moč, katero energetski transformator daje trajno v normalni življenjski dobi pod pogojem, da temperatura okolice, v kateri energetski transformator obratuje, ne preseže vrednosti iz točke 2.3.

3.3.2. Nazivna moč ( $S_n$ ) energetskega transformatorja je: 40 MVA.

3.3.3. Primarno in sekundarno navitje dimenzionirati za polno moč ( $S_n$ ). Terciarno navitje z izvedenima priključkoma, se dimenzionira za eno tretjino nazivne moči ( $1/3 S_n$ ) in se uporablja kot stabilizacijsko navitje. Z ozirom na to, velja za transformatorje s tremi navitji, za vse transformacije razmerje moči  $S_n/S_n/1/3S_n$  oziroma 40/40/13,3 MVA.

Terciar se izvede z dvema izolatorjema in se uporablja izključno kot stabilizacijsko navitje.

### 3.4. NAZIVNA FREKVENCA

Nazivna frekvenca transformatorja je 50 Hz.

### 3.5. NAPETOST KRATKEGA STIKA ( $u_k$ %)

3.5.1. Napetosti kratkega stika primar/sekundar, pri položaju regulacijskega stikala, nazivni moči in temperaturi navitja  $75^\circ\text{C}$  so:

|                     |        |
|---------------------|--------|
| 1. stopnja $u_k$ =  | 16 %   |
| 13. stopnja $u_k$ = | 15 %   |
| 25. stopnja $u_k$ = | 13,5 % |

3.5.2. Toleranca odstopanja napetosti kratkega stika lahko znaša  $\pm 5$  % od garantirane vrednosti na nazivni stopnji in 10% na skrajnih stopnjah regulacijskega stikala.

### 3.6. VEZAVA ENERGETSKEGA TRANSFORMATORJA

3.6.1. Vezava energetskega transformatorja 110/21/10,5 kV je YNyn6 (d5).

3.6.2. Visokonapetostno in srednje napetostno zvezdišče se izvedeta preko skozniških izolatorjev na pokrov transformatorja.

3.6.3. Priključka za terciarno navitje se izvedeta preko dveh skozniških izolatorjev na pokrovu transformatorja. Priključka " $3U_2$ " in " $3W_1$ " se medsebojno kratko vežeta in ozemljita.

Spojna vez mora biti dobavljena s transformatorjem.



### 3.7. REGULACIJA NAPETOSTI

- 3.7.1. Regulacija napetosti se vrši pod obremenitvijo s pomočjo regulacijskega stikala, ki je vgrajeno v zvezdišču 110 kV navitja.  
Komando za delovanje regulacijskega stikala daje avtomatski regulator napetosti. Poleg tega je potrebno predvideti ročno regulacijo napetosti iz omarice TR reg. stikala, v komandi RTP-ja in daljinsko iz centra vodenja.
- 3.7.2. Navitja energetskega transformatorja morajo biti dimenzionirana tako, da je v vseh položajih regulacijskega stikala ohranjena nazivna moč.
- 3.7.3. Regulacijski obseg je podan v točki 3.2.1.

### 3.8. STOPNJA IZOLACIJE NAVITJA

- 3.8.1. Nevtralna točka 110 kV mora biti izvedena za polno stopnjo izolacije.
- 3.8.2. V tabeli 3.8.2. so podane standardne vrednosti izolacije navitij, nevtralnih točk in konektorskih izolatorjev.

Tabela 3.8.2.

| Nazivna nap.<br>navitja (kV) | Nazivna kratkotrajna<br>vzdržna napetost 50 Hz<br>1 min. v kV |          | Naziv. vzdržna<br>atm. udar. napetost<br>(kV) | Stopnja izolacije |
|------------------------------|---------------------------------------------------------------|----------|-----------------------------------------------|-------------------|
|                              | za nav.                                                       | za izol. |                                               |                   |
| 110                          | 230                                                           | 230      | 550                                           | LI 550AC230       |
| 21                           | 50                                                            | 50       | 125                                           | LI 125AC50        |
| 10,5                         | 28                                                            | 28       | 75                                            | LI 75 AC 28       |

### HLAJENJE ENERGETSKEGA TRANSFORMATORJA

- 3.9.1. Hlajenje energetskega transformatorja je naravno (ONAN) do 100 % nazivne moči z naravno cirkulacijo zraka in olja pri temperaturi okolice po točki 2.3.
- 3.10. OBREMENLJIVOST IN IZGUBA ŽIVLJENSKE DOBE ENERGETSKEGA TRANSFORMATORJA**
- 3.10.1. Energetski transformator mora biti sposoben 40 let trajno obratovati z nazivno močjo ( $S_n$ ), če je srednja letna temperatura okolice (zraka) + 20°C.
- 3.10.2. Vrednost dovoljene preobremenitve, v odvisnosti od predhodne obremenitve, časa trajanja preobremenitve in temperature okolice (0°C, 10°C, 20°C, 30°C) (zraka), podati v tabelarični obliki v obliki diagramov skupaj z ostalo dokumentacijo.
- 3.10.3. Za zagotavljanje dolge življenjske dobe transformatorja mora proizvajalec razpolagati s tehnologijo in proizvodnim procesom, ki zagotavlja čistost proizvodnih prostorov najmanj CLASS8 po standardu SIST EN ISO 14664-1:2000 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.

- 3.10.4. 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 EN 13829 ("Blower door test") in izdan s strani neodvisne strokovne inštitucije.
- 3.10.5. 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 stavljanju 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 glede izpolnjevanja zahtev iz zgornjih točk

### 3.11. ŠUM ENERGETSKEGA TRANSFORMATORJA

- 3.11.1. Šum, ki ga povzroča energetski transformator je določen v tabeli 3.11.2.

Meritve šuma se izvrši po IEC 60076-10.

- 3.11.2. Tabela nivoja šuma

|                                   |                         |
|-----------------------------------|-------------------------|
| Nazivna moč transformatorja (MVA) | 40                      |
| Nivo šuma (dB(A))                 | ≤ 55 (tolerance 2dB(A)) |

Šum transformatorja mora biti merjen 1 m proč od transformatorja, upošteva se kvadratična srednja vrednost. Merjeno po metodi zvočne intenzitete.

### 3.12. KRATKOSTIČNA MOČ TRANSFORMATORJA



- 3.12.1. Energetski transformator mora biti dimenzioniran in skonstruiran tako, da navitja zdržijo dinamične in termične obremenitve pri kratkem stiku v smislu IEC 60076-5.
- 3.12.2. Pri dimenzioniranju energetskega transformatorja na kratek stik je potrebno vzeti v obzir maksimalne trifazne simetrične moči kratkih stikov, ki so:
- |            |        |          |                   |
|------------|--------|----------|-------------------|
| - za mrežo | 110 kV | 7620 MVA | $I_{k''}=40,5$ kA |
| - za mrežo | 20 kV  | 700 MVA  | $I_{k''}=20$ kA   |
- 3.12.3. Čas trajanja kratkega stika po trajnem nazivnem obratovanju sme znašati največ 5,5 sek.

### 3.13. IZGUBE V ENERGETSKEM TRANSFORMATORJU

- 3.13.1. Izgube v praznem teku in pri nazivni napetosti in 50 Hz ter izgube v kratkem stiku pri nazivni moči in temperaturi navitja 75°C ne smejo presegati v tabeli podanih vrednosti.

| Stopnja    | Moč transf. (MVA) | $P_{Fe}$ (kW) | $P_k$ (kW) | $P_{Fe}+P_k$ (kW) |
|------------|-------------------|---------------|------------|-------------------|
| 1          | 40                | 15            | 174        | 189               |
| 13.a, b, c | 40                | 15            | 168        | 183               |
| 25         | 40                | 15            | 178        | 193               |

Dopustna odstopanja od v tabeli podanih posameznih vrednosti smejo znašati največ +5 %.

- 3.13. TOK PRAZNEGA TEKA ne sme presegati 0,2 % nazivnega toka in s toleranco + 30 %.

### 4. OSNOVNE KONSTRUKCIJSKE KARAKTERISTIKE ENERGETSKEGA TRANSFORMATORJA

- 4.1. **MAGNETNO JEDRO** mora biti izdelano iz kvalitetne orientirane pločevine visoke magnetne permeabilnosti, nizkega koeficienta histereze in majhnih specifičnih izgub. Tip magnetnega jedra, izolacija pločevine in ostalo je prepuščeno izbiri proizvajalca.
- 4.2. **NAVITJA** morajo biti iz zelo čistega bakra. Tip in razporeditev navitij, izolacijo, dimenzije in podobno določi proizvajalec sam.
- 4.3. **TRANSFORMATORSKI KOTEL**
- 4.3.1. Transformatorski kotel mora biti grobe konstrukcije na kolesih, ki dopuščajo gibanje v dveh smereh, imeti mora ojačitve za hidravlična dvigala in ušesa za dviganje kotla.

- 4.3.2. Razdalja med kolesoma (med notranjima robovoma transportnega tira železniškega tipa) mora znašati:
- a) 2000 mm v prečni smeri in
  - b) 1435 mm v vzdolžni smeri
- 4.3.3. Transformatorski kotel mora zdržati statične in dinamične pritiske, ki se pojavljajo v transformatorjih v kratkem stiku. Stranice kotla naj bodo ojačene, da je onemogočena kakršnakoli deformacija kotla večja od predpisane.
- 4.3.4. Vsi zvari na transformatorskem kotlu morajo zagotoviti absolutno tesnjenje pri vročem olju 110 °C .
- 4.3.5. Na kotlu je potrebno predvideti ventil za izpust olja in tri čepe za ugotavljanje kvalitete olja (na spodnjem, srednjem in zgornjem nivoju).
- 4.3.6. Za priključek naprave za sušenje in čiščenje olja je potrebno predvideti priključka, postavljena diagonalno na kotlu.
- 4.3.7. Cevi za priključek hladilnih elementov na kotel morajo biti opremljene s prirobnicami in ventili, ki omogočajo demontažo hladilnih elementov, ne da bi bilo potrebno izpustiti olje iz kotla.  
Hladilni elementi morajo imeti posebej ventil za izpust olja.
- 4.3.8. Na dnu nosilne konstrukcije transformatorskega kotla je potrebno na vogalih kotla predvideti štiri vijake za ozemljitev.

#### 4.4. POKROV ENERGETSKEGA TRANSFORMATORJA

- 4.4.1. Pokrov energetskega transformatorja izdelati tako, da omogoča odtekanje dežja po zunanjih stranicah in da je plin, ki se tvori v kotlu, usmerjen proti odprtini, kjer je priključen Buchholz rele.
- 4.4.2. Pokrov mora biti oblikovan tako, da nudi veliko mehanično trdnost in ugodno obliko za razmestitev izolatorjev. Na njem se nahajajo ušesa za dviganje samega pokrova. Na pokrovu mora biti zadostno število žepov za merjenje temperature olja (8 žepov od tega 1 prost za meritve na terenu - R'' x 170 mm).
- 4.4.3. Medsebojne razdalje med skoznjiki sekundarnega navitja morajo znašati 550 mm.
- 4.5. **KONZERVATOR OLJA** (diletacijska posoda) ima ločeno olje transformatorja in olje regulacijskega stikala. Montira se bočno z desne strani, gledano s strani 110 kV priključkov. Na njem oziroma v njem se nahajajo:

- gumijasta membrana (zaprt sistem v predelku konzervatorja za kotel transformatorja),
- dva sušilca zraka, ki sta dostopna od tal,
- odprtina za polnjenje olja,
- odprtina za praznjenje dostopna od tal ,
- dva magnetna pokazala olja, ki imata skalo nivoja olja pri 20° C
- ušesa za dviganje in
- odprtina za pregled in čiščenje (odprtina mora biti zadostnega premera, da je omogočeno čiščenje).

Oljekaz za nivo olja transformatorja je na VN strani.

#### **4.6. NAPRAVE ZA HLAJENJE**

- 4.6.1. Naprave za hlajenje tvorijo hladilni element (radiatorji), ki so montirani na transformatorski kotel.

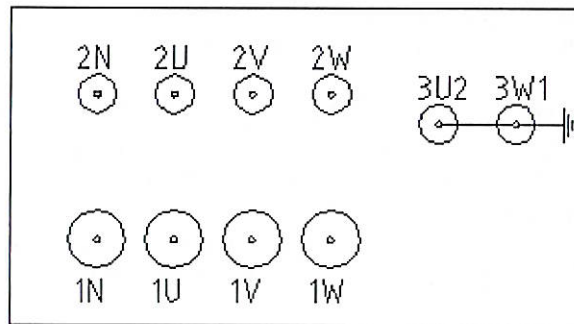
#### **4.7. BUCHHOLZ RELE**

- 4.7.1. Buchholz rele se vgradi med transformatorski kotel in konzervator. V priključno cev, za priključek Buchholz releja, morajo biti vgrajeni odgovarjajoči zasuni tako, da je omogočena zamenjava releja brez izpusta olja iz konzervatorja.
- 4.7.2. Buchholz rele mora biti odporen proti potresu ("read" kontakti). Rele mora imeti dva kontakta:
- za signalizacijo (nabiranje plina) in
  - za izklop TR (pretok olja).

#### **4.8. 110 kV SKOZNIŠKI IZOLATORJI IN 20 kV PRIKLJUČKI**

- 4.8.1. 110 kV skozniški izolatorji morajo biti montirani tako, da je mogoča njihova zamenjava na terenu brez demontaže ali dviganja pokrova energetskega transformatorja.  
20 kV prostozračni priključki morajo biti izvedeni tako, da je mogoča njihova zamenjava iz prostozračnih priključkov na konektorske kableske priključke ali obratno na terenu brez demontaže ali dviganja pokrova energetskega transformatorja.
- 4.8.2. Skozniški izolatorji za 110 kV morajo biti kapacitivni, z izvodi za merjenje kota izgub.
- 4.8.3. Skozniški izolatorji za 110 kV morajo vzdržati termične, dinamične in električne obremenitve, ki se pojavljajo v obratovanju energetskega transformatorja.
- 4.8.4. Skozniški izolatorji za 110 kV imajo vijake za izpust zraka in olja.
- 4.8.5. Skozniški izolatorji 110 kV morajo biti proizvodnje od renomiranega proizvajalca elektroenergetske opreme ( npr. ABB).
- 4.8.6. Razporeditev skozniških izolatorjev za 110 kV in prostozračnih priključkov za 20 kV na pokrovu transformatorja je podana na sliki





4.8.7. Priključke na 110 kV prevodne izolatorje z vodniki Al-Fe 240 mm<sup>2</sup> je potrebno izvesti z okroglimi priključnimi sponkami (45°), ki morajo biti dobavljeni skupaj s transformatorjem.

4.8.8. 20 kV priklop se izvede s kabelskimi konektorji.

4.8.9. Medsebojne razdalje med skoznjiki sekundarnega navitja morajo biti povečane za 50 mm glede na standardno rešitev.

#### 4.9. REGULACIJSKO STIKALO Z REGULATORJEM NAPETOSTI

4.9.1. Regulacijsko stikalo se vgrajuje v zvezdišče navitja 110 kV. Dobavlja se kompletno s pripadajočim priborom, kot sestavni del energetskega transformatorja.

4.9.2. Regulacijsko stikalo mora imeti možnost obratovanja z avtomatskim regulatorjem napetosti in ročnega posluževanja (daljinsko iz centra vodenja, iz komandnega prostora in iz omarice na transformatorju).  
Imeti mora sledeče komande za posluževanje:

a) v RTP-ju:

- lokalno na transformatorju (višje, nižje),
- iz relejne omare in končne postaje sistema daljinskega vodenja v RTP (višje, nižje) in
- avtomatsko.

b) iz DCV-ja:

- ročno (višje, nižje) in
- avtomatsko.

4.9.3. Regulacijsko stikalo naj bo proizvodnje **Maschinenfabrik Reinhausen**. Preklop močnostnih kontaktov mora biti izveden znotraj vakuumske komore (tip VM 300Y-123 ali podobno).

4.9.4. Regulacijsko stikalo mora biti postavljeno bočno na levi strani gledano s strani 110 kV priključkov. Pogonja ga elektromotor, ki se napaja z enosmerno napetostjo 110 V (DC). Na strani regulacijskega stikala mora biti tudi omarica motornega pogona stikala in komandna omarica.

4.9.5. Regulacijsko stikalo mora biti opremljeno s pokazali položaja stopnje regulacije (2xBCD), ki omogoča prenos stanja:



- na pokrovu omarice pogona regulacijskega stikala,
- na TZQ omari preko pomožnih signalnih kontaktov.

4.9.6. Pogonska omarica regulacijskega stikala naj bo Maschinenfabrik Reinhausen tip MR ED-S, motor za enosmerno napetost 110 V (DC). Opremljena mora biti s števcem preklopov, grelcem (napetost 230 V, 50 Hz (AC)). Zaščitne releje montirati v cev povezave glavnega stikala z konzervatorjem in sredstvom za preprečevanje kondenzacije vlage. Uvodna plošča pogonske omarice je debeline 3 mm ustreznega nerjavečega materiala z uporabo ustreznih kovinskih EMC uvodnic.

4.9.7. Rele za regulacijo napetosti ni predmet dobave.

#### **4.10. SIGNALNA OMARICA**

4.10.1. Signalna omarica TR mora biti zaradi enostavnosti priključevanja signalnih kablov čim bližje pogonski omarici regulacijskega stikala.

4.10.2. Izdelana mora biti po predlaganih navodilih in enotni shemi delovanja (Priloga A).

4.10.3. Vse povezave na transformatorju morajo biti izvedene z oklopljenimi kabli in EMC kovinskimi uvodnicami.

#### **4.11. VARNOSTNA IZPUŠNA CEV**

Varnostni odušek, z vzmetjo in mehanskim pokazateljem delovanja, služi za razbremenitev nenormalnega pritiska v transformatorskem kotlu. Postavi se na primerno mesto tako, da se olje in plin usmeri od energetskega transformatorja v oljno jamo. Odušek mora biti na prirobnici tako, da se lahko usmerja glede na situacijo postavitve transformatorja.

#### **4.12. IZOLACIJSKO OLJE IN PAPIR ZA ENERGETSKI TRANSFORMATOR**

4.12.1. V energetske transformatorju uporabiti mineralno izolacijsko olje, ki ne vsebujejo PCB. Upoštevati karakteristike po IEC 60296 IIA za transformatorska olja.

Proizvajalec: Nynas

Oznaka: Nynas 10XN

Proizvajalec energetskega transformatorja mora dati podatke ostalih tipov olj, ki se lahko mešajo z danim oljem.

4.12.2. Dielektrična prebojna trdnost izolacijskega olja mora biti najmanj 250 kV/cm in kemijska stabilnost (indukcijski čas) najmanj 110 ur.

4.12.3. Kvaliteto izolacijskega olja potrjuje proizvajalec olja z atestom, ki ne sme biti starejši od 6 mesecev.

4.12.4. Preizkus olja se izvrši v sledečih primerih:

- prevzemni preizkus,
- preizkus olja pred prvim vstavljanjem energetskega transformatorja v obratovanje in
- vsa dokazila o kakovosti izolacijskega olja.

4.12.4. Tesnjenje energetskega transformatorja je izvedeno z materiali, ki garantirajo zanesljivo tesnjenje na vseh spojih pri temperaturi olja 110 °C. Klasa izolacije "A".

- 4.12.5. Izolacijski papir mora ustrezati zahtevam standarda IEC 60554-1:
- stopnja polimerizacije papirja (DP) po sušenju minimalno 950 (analizo DP pred in po sušenju bo opravil kupec ali od njegove strani pooblaščen organizacija).
  - vsebnost vlage max. 0,5 %.

#### 4.13. ANTIKOROZIJSKA ZAŠČITA

- 4.13.1. Vsi kovinski deli energetskega transformatorja (transformatorski kotel, pokrov, konzervator, hladilni elementi) morajo biti kvalitetno očiščeni s curkom abraziva in kvalitetno zaščiteni od rjavenja.
- 4.13.2. Zaščitni premaz mora imeti poleg antikorozivne lastnosti tudi veliko odpornosti na spremembe temperature (od - 20 °C do + 110 °C), udarce in atmosferske vplive, kot tudi na kemijske vplive, olja, masti, lugov, soli in kislin.
- 4.13.3. Zaščito kotla, pokrova in konzervatorja je potrebno izvesti z dvema osnovnima premazoma in dvema pokrivnima slojema (RAL 6037).
- 4.13.4. Zaščita radiatorjev se izvede s toplim pocinkanjem. Debelina nanosa mora znašati najmanj 55 µm.
- 4.13.5. Zaščito notranjih kovinskih površin se izvede z dvema premazoma.

#### 4.14. TERMIČNA ZAŠČITA TRANSFORMATORJA

- 4.14.1. Termična slika dela na osnovi kombiniranega merjenja temperature najtoplejše točke v olju in merjenje najtoplejše točke v navitju s pomočjo upora z grelnim navitjem skozi katerega teče tok, sorazmeren toku, ki teče skozi 110 kV navitje. Grelno navitje je priključeno na tokovni transformator z prestavnim razmerjem 250/5A, ki je vgrajen v prevodnem izolatorju v fazi "1V". Termična slika ni predmet dobave, toda vse mora biti predvideno za njeno kasnejšo montažo. Tokovne sponke sekundarnega tokokroga morajo biti sklenjene in ozemljene v krmilni omarici transformatorja.
- 4.14.2. Dobaviti je potrebno dva uporovna termometra (sonda Pt 100), ki sta vgrajena v žepe v pokrovu TR in sta lokacijo oddaljeni druga od druge. Sondi ne potrebujeata analognega pretvornika. Dobaviti in vgraditi je potrebno dva kontaktna termometra, ki imata tipali vgrajeni v žepe pokrova transformatorja in sta tipali lokacijsko oddaljeni drug od drugega. Kontaktni termometr ima analogni prikaz temperature in morata imeti zadosti nastavljivih pomožnih kontaktov za signalizacijo alarma in komando izklopa ter morebitno izvedbo hlajenja z ventilatorji. Kontaktni termometer je renomiranega proizvajalca (JUMO ali podobno). Kontaktni termometer ne potrebuje pretvornika za daljinski prenos podatka o temperaturi. Termično območje delovanja in IP zaščita uporovnega termometra in kontaktnega termometra naj bo enaka kot za sam transformator.

#### 4.15. TEŽA IN OSNOVNE MERE

- 4.15.1. Okvirni podatki o masah in merah ne smejo presehati:

- |                                             |       |
|---------------------------------------------|-------|
| - skupna masa energetskega transformatorja, |       |
| pripravljenega za obratovanje               | <70 t |
| - skupna masa izolacijskega olja            | <19 t |



|                                                        |         |         |
|--------------------------------------------------------|---------|---------|
| - masa, ki se dviga ob priliki odprtja transformatorja |         | <36 t   |
| - masa aktivnega dela                                  |         | <37,5 t |
| - transportna masa                                     |         | <54 t   |
| - osnovne mere transformatorja:                        | dolžina | <7,0 m  |
|                                                        | širina  | <4,3 m  |
|                                                        | višina  | <5,4 m  |

## 5. PREIZKUŠANJE IN PREGLED ENERGETSKEGA TRANSFORMATORJA PRI PREVZEMANJU V TOVARNI

5.1. PREIZKUŠANJE ENERGETSKGA TRANSFORMATORJA se izvrši v skladu z IEC 60076.

5.2. KOSOVNO PREIZKUŠANJE, ki se izvrši na transformatorju, obsega:

5.2.1. Merjenje upornosti navitja, pri čemer se upornost 110 kV navitja meri v vseh položajih regulacijskega stikala.

5.2.2. Merjenje tokov magnetiziranja navitij z napetostjo 400 V, 50 Hz.

5.2.3. Merjenje prestavnega razmerja transformatorja v vseh položajih regulacijskega stikala in kontrola vezave.

5.2.4. Meritve toka in izgub v praznem teku ob napajanju s sekundarne strani, pri napetosti 0.9, 1.0 in 1.1  $U_N$ .

5.2.5. Merjenje izgub in napetosti v kratkem stiku pri treh stopnjah regulacijskega stikala 1,13 in 25. Meritev napetosti v kratkem stiku se izvede tudi pri kombinaciji med posameznimi navitji, če ta meritev ni izvedljiva naj se poda izračunane vrednosti  $U_K$  med posameznimi navitji pri nazivni moči.

5.2.6. Preizkušanje z udarno napetostjo oblike 1,2/50  $\mu$ s primarnega in sekundarnega navitja s polnim atmosferskim udarom skladno s točko 3.8.2.

5.2.7. Preizkus s tujo napetostjo 50 Hz vseh treh navitij v času 1 min. v skladu z tč.3.8.2. (preizkusna nap. za 20 kV).

5.2.8. Preizkus z inducirano napetostjo 300 Hz oziroma 200 Hz v času 20 sek. oziroma 30 sek. v višini  $2 \times U_N$  z merjenjem parcialnih razelektritev (ACSD).

5.2.9. Merjenje kota izgub med navitjem in transformatorskim kotlom in merjenje kota izgub skoziških 110 kV izolatorjev.

5.2.10. Merjenje ničelne impedance v sprednjem in obeh skrajnih položajih regulacijskega stikala.

5.2.11. Merjenje medsebojne kapacitivnosti navitij in kapacitivnosti navitja proti transformatorskem kotu.

5.2.12. Merjenje izolacijske upornosti

5.2.13. Merjenje stresane induktivnosti

5.2.14. Merjenje hrupa



**5.3. POSEBNO PREIZKUŠANJE**, ki se izvrši na transformatorju obsega:

5.3.1. Popolna analiza olja v transformatorju (plinska in tekočinska kromatografska analiza transformatorskega olja)

5.4. Ob priliki prevzemanja transformatorja (oziroma na terenu) pa se opravi sledeči pregled:

5.4.1. Pregled delovanja regulacijskega stikala.

5.4.2. Pregled delovanja buchholz releja in zaščitnega releja regulacijskega stikala.

5.4.3. Pregled delovanja pomožnih tokokrogov.

5.4.4. Pregled delovanja oljekaza.

5.4.5. Pregled tesnenja transformatorskega kotla in hladilnih elementov.

5.4.6. Pregled vseh ventilov, zasunov in podobno s katerim se omogoči nemoten pretok olja in zraka.

5.4.7. Pregled neoporečnosti funkcioniranja naprav in opreme energetskega transformatorja.

5.4.8. Pregled neoporečnosti antikorozijske zaščite kotla in radiatorjev.

5.4.9. Pregled drobne opreme (kazalni instrumenti, rezervni deli itd.), ki se mora odpremiti v skrbno opremljeni embalaži.

**6. TRANSPORT, MONTAŽA IN POSTAVITEV ENERGETSKEGA TRANSFORMATORJA V POSKUSNO OBRATOVANJE**

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

6.2. Proizvajalec energetskega transformatorja mora ob prevzemu dostaviti tehnična navodila za montažo, vzdrževanje in revizijo energetskega transformatorja.

6.3. Sestavljanje energetskega transformatorja na transformatorskem temelju izvrši proizvajalec transformatorja. Vključitev v poizkusno obratovanje se izvrši ob prisotnosti proizvajalca.

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

6.5. Po zaključku montaže, vendar pred začetkom poizkusnega obratovanja je potrebno izvršiti vse preglede, ki omogočajo varno obratovanje po spisku v prilogi C.

## **7. DOKAZILA O KVALITETI**

- 7.1. Proizvajalec energetskega transformatorja mora dostaviti kupcu sledeča dokazila:
- za izolacijsko olje (iz kotla in regulacijskega stikala),
  - za prevodne izolatorje (izjavo o izvedenih meritvah preboja in  $\tan \delta$ ),
  - za kvaliteto železa za magnetno jedro,
  - za kvaliteto bakra za navitje,
  - za vakuumsko tesnjenje transformatorskega kotla,
  - za izvršena preizkušanja učinkovitosti hlajenja,
  - za regulacijsko stikalo,
  - plinski rele (Buchholz rele),
  - kontaktni termometer,
  - termostat,
  - uporovni termometer,
  - zaščitni rele regulacijskega stikala in
  - za kvaliteto AKZ zaščite kotla in radiatorjev.

## **8. REZERVNI DELI**

- 8.1. Za transformator ne naročamo rezervne opreme.

## TIPSKA SIGNALNA OMARICA

## 1. OSNOVNE ZAHTEVE SIGNALNE OMARICE

- Signalna omarica mora biti izdelana iz dekapirane pločevine
- Vrata se morajo vodotesno zapreti in imeti ključavnico za zaklepanje.
- Uvodnice za dovodne in odvodne kable so predvidene na spodnji strani in morajo morajo biti kovinske EMC izvedbe ter tesnjene, da se prepreči vstop vlage.
- Na dnu je odprtina za odtok kondenza, ki mora biti zaščitena z mrežico
- V omarici mora biti vgrajen grelec s termostatom, ki služi za sušenje zraka.
- Signalna omarica ima razsvetljavo, ki se prižiga s končnim stikalom, ki je vgrajen na vratih
- Vrstne sponke označiti z zaporednimi številkami. Namembnost sponk je določena v tabeli.
- Na notranji strani vrat signalne omarice mora biti plastificirana vezalna shema.
- Vsi elementi v signalni omarici morajo biti označeni z nalepkami.
- Predvideti enopolno in trolno vtičnico z zaščitnim kontaktom (nadometno).
- Zasnova signalne omarice mora omogočati prehod transformatorja na sistem hlajenja ONAF.

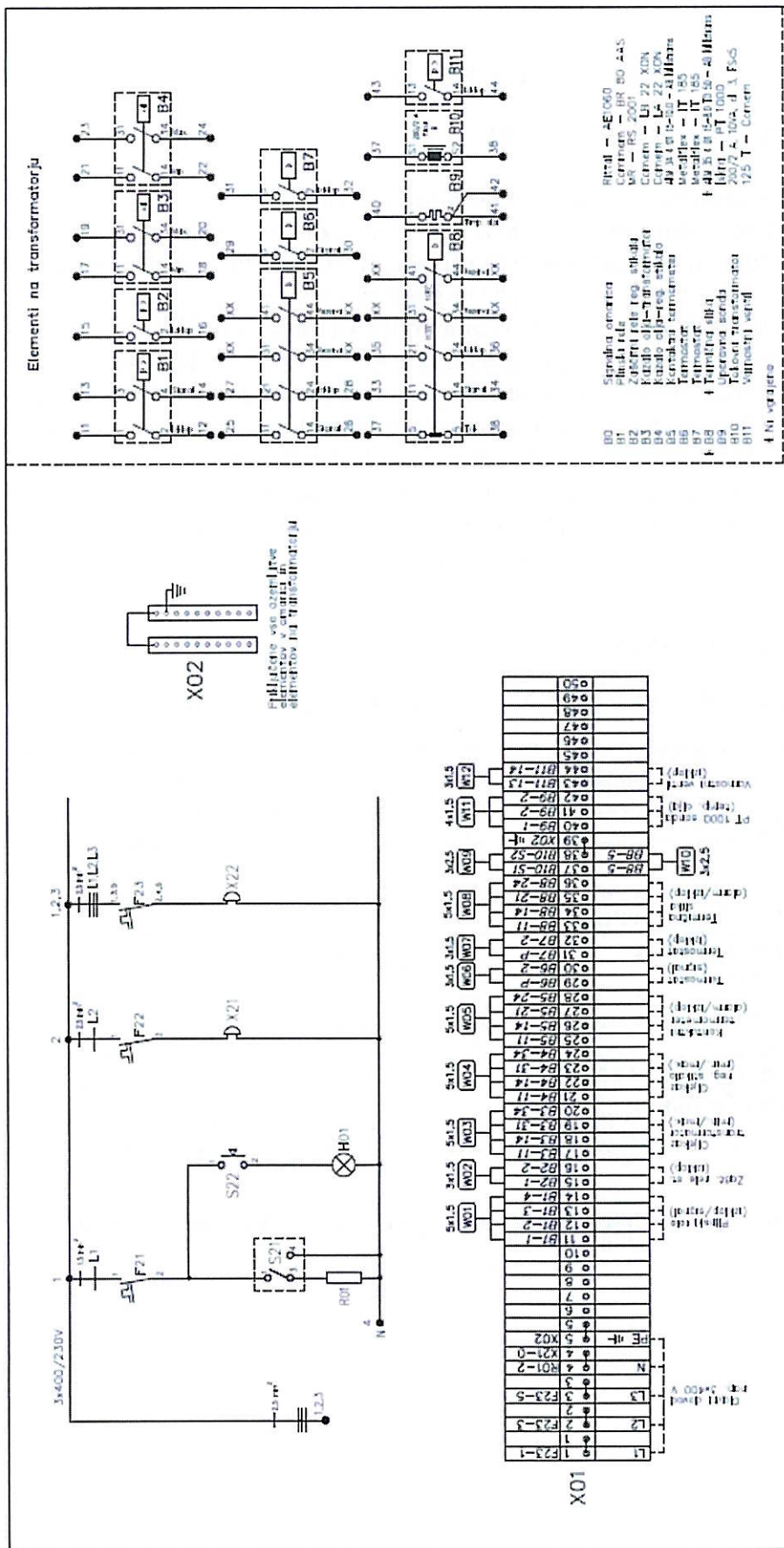
## 2. OZNAČBA PRIKLJUČNIH SPONK

## 2.1. TABELA ZAŠČITNIH IN SIGNALNIH ELEMENTOV NA TRANSFORMATORJU

| Naziv                                |            |
|--------------------------------------|------------|
| Plinski rele (Buchholz)              | B1         |
| Zaščitni rele regulacijskega stikala | B2         |
| Pokazalo nivoja olja transformatorja | B3         |
| Pokazalo nivoja olja reg.stikala     | B4         |
| Kontaktni termometer                 | B5         |
| Termostat signalizacija              | B6         |
| Termostat izklop tr.                 | B7         |
| Uporovni termometer (merilna sonda)  | B9 - Pt100 |
| Tokovni merilni transformator        | B10        |
| Varnostni ventil                     | B11        |

Predvideti standardno vezavo elementov Elektra Ljubljana, d.d. po priloženi shemi.





### **3. POVEZAVA PRIKLJUČKOV SIGNALNE OMARICE S KOMANDNO RELEJNIM PROSTOROM**

Povezave med elementi na transformatorju in signalno omarico so izvedene že v tovarni.

Pri projektiranju je krmilno signalne kable potrebno ustrezno grupirati in izvesti v kabelskem jašku pri transformatorju ali v komandno relejnem prostoru z zanko tako, da zaradi ev. različne višine signalne omarice ni težav z dolžino signalnih kablov. Signalni kabli giblivi tip Olflex z obojestransko ozemljenim Cu plaščem.

### **4. NAMEMBNOST ELEMENTOV V SIGNALNI OMARICI**

S21 - termostat za vklop grelca v omarici

R01 - grelec 200 W, 231 V AC

F01 - varovalka, faza L1 - zaščita tokokroga grelca

F02 - varovalka, faza L2 - zaščita vtičnice (enopolne)

F03 - varovalka, faza L1 - zaščita vtičnice (tropolna)

F04 - varovalka, faza L2

F05 - varovalka, faza L3

F06 - varovalka, faza L3 - zaščita tokokroga svetilke

- trifazna in enofazna vtičnica z zaščitnim kontaktom

## PREVZEMNE MERITVE

### Prevzemne meritve

Pri prevzemanju v tovarni se opravijo prevzemne meritve v skladu s tč. 5.

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

- a. Merilni transformatorji morajo imeti razred točnosti 0,2,
- b. Merilni instrumenti morajo imeti razred točnosti 0,2,
- c. Instrumenti in merilni transformatorji morajo biti žigosani in potrjeni od SIQ,
- d. Merjenje izgub v železu in bakru mora biti opravljeno s posebnim power analyzerjem, za merjenje transformatorjev,
- e. Izračuni morajo biti opravljeni takoj po meritvah (pred podpisom zapisnika prevzemanju transformatorja) in
- f. Vsi napetostni preizkusi se vršijo v prisotnosti naročnika.



**DELA, KI JIH JE POTREBNO IZVESTI  
PRED PRIČETKOM POIZKUSNEGA OBRATOVANJA**

1. Po zaključku montaže energetskega transformatorja, vendar pred vključitvijo v poizkusno obratovanje, je potrebno izvršiti sledeče preglede:
  - 1.1. **Tesnjenje transformatorja:**
    - kotel,
    - radiatorji in
    - tesnilne površine.
  - 1.2. **Sušilec zraka tip:**
    - stanje silikagela in
    - olje v sušilcu je do potrebne višine.
  - 1.3. **Konzervator:**
    - olje je do potrebne višine,
    - prekat transformator in
    - prekat reg. stikalo.
  - 1.4. **Nastavitev iskrišč:**
    - VN izolatorjev - mm .....,
    - SN izolatorjev - mm ..... in
    - NN izolatorjev - mm .....
  - 1.5. **Položaj ventilov – odprti:**
    - kotel – radiatorji,
    - eksplozijska cev – rezervoar,
    - Buchholz rele – rezervoar,
    - rele reg.stikala – rezervoar in
    - eksplozijska cev.
  - 1.6. **Odzračevanje in vizualni pregled izolatorjev:**
    - VN izolatorji .....,
    - SN izolatorji .....,
    - NN izolatorji .....,
    - reg.stikala ..... in
    - Buchholz rele .....
  - 1.7. **Pritrditev vodnikov na priključne izolatorje je v redu – brez mehanskih naprezanj.**
  - 1.8. **Pregled pogonske omarice regulacijskega stikala**
    - napajalna napetost,
    - justiranje  $\pm$  obratov,
    - enaka št. pozicije stikala – omarica,
    - pokrov stikala,
    - daljinsko kazanje stopnje stikala,
    - daljinsko upravljanje stikala in
    - nivo olja v pogonu.

**1.9. Pregled signalne omarice:**

- napajalna napetost.

**1.10. Kontrola zaščite transformatorja**

- Buchholz rele deluje na : alarm ..... izklop .....
- okvare reg.stikala deluje na: ..... izklop .... in
- kont. termom. deluje na: alarm pri ..... °C izkl. pri ..... °C.

**1.11. Meritve na transformatorju**

a) Magnetni tokovi pri napetosti 400 V, 50 Hz merjenje na navitju VN, NN stikalo v položaju 13

$I_{1u}$ .....mA       $I_{2u}$ .....mA       $I_{3u}$ .....mA

$I_{1v}$ .....mA       $I_{2v}$ .....mA       $I_{3v}$ .....mA

$I_{1w}$ .....mA       $I_{2w}$ .....mA       $I_{3w}$ .....mA

b) Izolacijske upornosti pri ..... °C

Napetost ..... kV      čas ..... sek

VN: NN + SN + masa ..... MΩ

VN: VN + SN + masa ..... MΩ

SN: VN + NN + masa ..... MΩ

c) Prebojna trdnost olja v kotla na: spodjem nivoju ..... kV  
srednjem nivoju ..... kV

**1.12. Zaščita transformatorja**

Pretokovna zaščita deluje na: izklop .....

Diferenčna zaščita deluje na: izklop .....