



GOSPODARSKO
INTERESNO
ZDRUŽENJE

DISTRIBUCIJE ELEKTRIČNE ENERGIJE

GIZ TS-12
8/2015

USMERITVE ZA GRADNJO TRANSFORMATORSKIH POSTAJ 20(10)/0,4 kV

TEHNIČNA SMERNICA ZA GRADNJO

ZA INTERNO UPORABO V GIZ DEE



Elektro Celje, d.d.



elektro
gorenjska



ELEKTRO
LJUBLJANA



ELEKTRO MARIBOR



Elektro Primorska

AVGUST 2015

GIZ TS-12 – USMERITVE ZA GRADNJO TRANSFORMATORSKIH POSTAJ 20(10)/0,4 kV je izdelala Projektna skupina za tipizacijo distribucije Slovenije, odobrila Delovna skupina za tehnične zadeve in sprejela skupščina GIZ DEE Slovenije na svoji 4_16. seji dne 25.4.2016 s sklepom št. 36/4-16.

ZA INTERNO UPORABO V GIZ DEE

VSEBINA

1	UVOD	4
1.1	SPLOŠNO	4
1.2	POMEN IN VLOGA	4
1.3	NAMEN IN PODROČJE UPORABE	4
2	REFERENČNI DOKUMENTI	4
2.1	PREDPISI	4
2.2	STANDARDI	5
2.3	ŠTUDIJE IN SMERNICE	5
3	POMEN IZRAZOV	6
4	PREGLED OBSTOJEČIH TRANSFORMATORSKIH POSTAJ	8
4.1	PODEŽELSKÉ – NADZEMNE	8
4.2	MESTNE - KABELSKÉ	8
5	USMERITVE ZA PROJEKTIRANJE TRANSFORMATORSKIH POSTAJ	8
5.1	IZBIRA LOKACIJE	9
5.2	STEBRNE TP	9
5.2.1	UPORABA	9
5.2.2	OZNAČEVANJE	9
5.2.3	OPIS	10
5.3	KOMPAKTNE TP	11
5.3.1	UPORABA	11
5.3.2	OZNAČEVANJE IN TIPI	11
5.3.3	OPIS	12
5.4	MONTAŽNE TP	15
5.4.1	UPORABA	15
5.4.2	OZNAČEVANJE IN TIPI	15
5.4.3	OPIS SESTAVE MTP	16
5.5	ELEKTRIČNE ZAHTEVE TRANSFORMATORSKIH POSTAJ	24
6	VPLIV NA OKOLJE TER VARNOST IN ZDRAVJE PRI DELU	25
6.1	VPLIV NA OKOLJE V ČASU GRADNJE	25
6.1.1	TLA, VOĐE	25
6.1.2	ZRAK IN ZDRAVJE LJUDI	25
6.1.3	SOSEDNI OBJEKTI	25
6.2	VPLIV NA OKOLJE V ČASU DELOVANJA OZIROMA OBRATOVANJA	25
6.2.1	TLA, VOĐE	25
6.2.2	ZRAK, ZDRAVJE LJUDI IN SOSEDNI OBJEKTI	25
7	DODATKI	29
	DODATEK A: ENOPOLNE SCHEME TP	29
	DODATEK B: VAROVANJE TRANSFORMATORJEV	41
	VAROVANJE TRANSFORMATORJEV S SN IN NV VAROVALKAMI (ZA MOČI OD 50 DO 250 kVA)	41
	VAROVANJE TRANSFORMATORJEV Z BIMETALNIM RELEJEM V POVEZAVI Z BREMSKIM STIKALOM	
	ZA Tr OD 400 DO 630 kVA	42
	VAROVANJE Tr Z NN ODKLOPNIKOM IN SN VAROVALKAMI ZA Tr DO 1000 kVA	43
	DODATEK C: TLORIS GRADBENE JAME Z OZEMLJITVAMI	44

KAZALO SLIK

SLIKA 1:	PRIMERI OBSTOJEČIH IZVEDB STEBRNIH TP	10
SLIKA 2:	PRIMERI IZVEDBE KTP: BETONSKA (LEVO) IN PLOČEVINASTA (DESNO)	14
SLIKA 3:	PRIKLOP NA ZAŠČITNO OZEMLJITEV TP Z OZEMLJILNIM OBROČEM ZNOTRAJ TP.	20
SLIKA 4:	PRIKLOP NA ZAŠČITNO OZEMLJITEV TP PREKO IZENAČEVALNE ZBIRALKE - RADIALNO	21
SLIKA 5:	PRIMERI IZVEDBE MTP: Z RAVNO STREHO (LEVO) IN POŠEVNO STREHO (DESNO)	23
SLIKA 6:	TLORIS GRADBENE JAME Z IZVEDBO OZEMLJITEV Z DVEMA OBROČEMA	44

KAZALO RAZPREDELNIC

TABELA 1:	TIPI DISTRIBUCIJSKIH KOMPAKTHIH TP S SN IN NN OPREMO	12
TABELA 2:	TIPI DISTRIBUCIJSKIH MONTAŽNIH TP S SN IN NN OPREMO	15
TABELA 3:	PRESEKI KABELSKÉ POVEZAVE MED Tr IN NN STIKALNIM BLOKOM 0,4 kV	18
TABELA 4:	TEHNIČNI KRITERIJI ZA GRADNJO IN OBRATOVANJE TP	24
TABELA 5:	MEJNE RAVNI EM SEVANJA GLEDE NA OBMOČJA NARAVNEGA ALI ŽIVLJENJSKEGA OKOLJA	26
TABELA 6:	MEJNE RAVNI HRUPA GLEDE NA OBMOČJA NARAVNEGA ALI ŽIVLJENJSKEGA OKOLJA	26
TABELA 7:	TABELA NAJMANJŠIH ODMIKOV TP OD STAVB	27
TABELA 8:	PREGLED PRESEKOV POVEZOVALNIH KABLOV IN ZBIRALK GLEDE NA MOČ IN VRSTO TP	40
TABELA 9:	VAROVANJE Tr KJER JE LETNA RAVEN OBRATOVANJA MANJŠA OD 2500 UR	41

TABELA 10:	SN IN NN VAROVALKE ZA VAROVANJE TRANSFORMATORJEV (V SKLADU Z DES, NAVODILO ZV. ŠT. 56 IN ETI PRIROČNIKOM 2012)	41
TABELA 11:	NASTAVITVE BIMETALNIH RELEJEV POTREBNE VELIKOSTI SN VAROVALK IN NAJVIŠJE DOPUSTNE VELIKOSTI NN IZVODNIH VAROVALK NA IZVODU IZ TP	42
TABELA 12:	PRIMER VAROVANJA TRANSFORMATORJEV Z NN ODKLOPNIKOM IN SN VAROVALKAMI	43
TABELA 13:	DIMENZIJSKE VREDNOSTI IZVEDBE OZEMLJITVE PO ŠTUDIJU EIMV ŠT. 1152	44

KAZALO SHEM

HEMA 1:	ES TB250 ZA TN OZEMLJILNI SISTEM.....	29
HEMA 2:	ES TB250 ZA TT OZEMLJILNI SISTEM.....	30
HEMA 3:	ES KTP 250 /1 20/0,4 kV	31
HEMA 4:	ES KTP 250 /3 20/0,4 kV	32
HEMA 5:	ES KTP 630 /3 20/0,4 kV	33
HEMA 6:	ES KTP 1000 /3 20/0,4 kV	34
HEMA 7:	ES MTP 630 /3 20/0,4 kV.....	35
HEMA 8:	ES MTP 2X 630 /3 20/0,4 kV.....	36
HEMA 9:	ES MTP 1000 /3 20/0,4 kV.....	37
HEMA 10:	ES MTP 2X 1000 /4 20/0,4 kV.....	38
HEMA 11:	ES PRIKLOPA MERILNE CELICE (PRIPOROČENA).....	39
HEMA 12:	ES PRIKLOPA MERILNE CELICE	39
HEMA 13:	SHEMA VAROVANJA Tr OD 20 DO 250 KVA	41
HEMA 14:	SHEMA VAROVANJA Tr OD 400 DO 630 KVA	42
HEMA 15:	SHEMA VAROVANJA Tr Z NN ODKLOPNIKOM IN SN VAROVALKAMI	43

1 UVOD

1.1 SPLOŠNO

Tehnična smernica GIZ TS-12 za gradnjo transformatorskih postaj 20/0,4 kV (TP) je pripravljena na osnovi upoštevanja dobre prakse in upoštevanja aktualnih predpisov in standardov o gradnji tovrstnih objektov.

1.2 POMEN IN VLOGA

Tehnične smernice GIZ TS-12 je dokument, v katerem so združene rešitve, ki predstavljajo zadnje stanje tehnike in izkušnji na tem področju.

1.3 NAMEN IN PODROČJE UPORABE

Tehnična smernica GIZ TS-12 je namenjena predvsem projektantom, z namenom, da na pregleden način prikaže katere distribucijske TP so dopustne za izgradnjo v DEES, s kratkim opisom tehničnih zahtev in enotnim kriterijem za projektiranje, nabavo, gradnjo in vzdrževanje transformatorskih postaj 20/0,4 kV na območju Gospodarskega interesnega združenja distribucijskih podjetij Slovenije (GIZ).

Smiselno se dokument uporabi tudi za gradnjo oz. vzdrževanje transformatorskih postaj, ki obratujejo v 10 kV omrežju z napravami z naznačeno napetostjo 20 kV, v tem primeru se TP označuje kot 20(10)/0,4 kV.

2 REFERENČNI DOKUMENTI

2.1 PREDPISI

Predpisi se uporabljajo z vsemi veljavnimi zadnjimi spremembami, in so ažurirani ter na vpogled v Uradnem listu RS.

- [2.1.1] Zakon o graditvi objektov (ZGO-1)
- [2.1.2] Zakon o gradbenih proizvodih (ZGPro-1)
- [2.1.3] Zakon o tehničnih zahtevah za proizvode in o ugotavljanju skladnosti (ZTZPUS-1)
- [2.1.4] Pravilnik o požarni varnosti v stavbah
- [2.1.5] Pravilnik o mehanski odpornosti in stabilnosti objektov
- [2.1.6] Energetski zakon (EZ-1)
- [2.1.7] Pravilnik o električni opremi, ki je namenjena za uporabo znotraj določenih napetostnih mej
- [2.1.8] Pravilnik o elektromagnetni združljivosti (EMC)
- [2.1.9] Pravilnik o zaščiti stavb pred delovanjem strele ter Tehnične smernice za zaščito pred delovanjem strele TSG-N-003 s prilogami.
- [2.1.10] Pravilnik o zahtevah za nizkonapetostne električne inštalacije v stavbah ter Tehnične smernice Nizkonapetostne instalacije TSG-N-002 s prilogami
- [2.1.11] Pravilnik o zaščiti nizkonapetostnih omrežij in pripadajočih transformatorskih postaj
- [2.1.12] Pravilnik o vzdrževanju elektroenergetskih postrojev
- [2.1.13] Sistemska obratovalna navodila za distribucijsko omrežje električne energije (SONDO).
- [2.1.14] Uredba o elektromagnetnem sevanju v naravnem in življenjskem okolju
- [2.1.15] Zakon o varstvu okolja (ZVO-1)
- [2.1.16] Uredba o mejnih vrednostih kazalcev hrupa v okolju
- [2.1.17] Uredba o ocenjevanju in urejanju hrupa v okolju
- [2.1.18] Odlok o maksimalno dovoljenih ravneh hrupa za posamezna območja naravnega in bivalnega okolja ter za bivalne prostore

2.2 STANDARDI

Uporabijo se zadnji veljavni standardi in njihove sprejete spremembe.

- [2.2.1] SIST EN 62271-200; Visokonapetostne stikalne in krmilne naprave - 200. del: Stikalne in krmilne naprave v kovinskih ohišjih za naznačene izmenične napetosti nad 1 kV in do vključno 52 kV
- [2.2.2] SIST EN 62271-202; Visokonapetostne stikalne in krmilne naprave - 202. del: Visokonapetostna / nizkonapetostna montažna postaja
- [2.2.3] SIST EN 60076-1; Močnostni transformatorji - 1. del: Splošno
SIST EN 60076-2; Močnostni transformatorji - 2. del: Segrete transformatorjev, potopljenih v tekočino
SIST EN 60076-3; Močnostni transformatorji - 3. del: Izolacijski nivoji, dielektrični preskusi in zunanje zračne razdalje
- [2.2.4] SIST EN 61936-1; Elektroenergetski postroji za izmenične napetosti nad 1 kV - 1. del: Skupna pravila
- [2.2.5] SIST EN 61439-1; Sestavi nizkonapetostnih stikalnih in krmilnih naprav - 1. del: Splošna pravila,
SIST EN 61439-2; Sestavi nizkonapetostnih stikalnih in krmilnih naprav - 2. del: Sklopi močnostnih stikalnih in krmilnih naprav,
SIST EN 61439-5; Nizkonapetostne stikalne in krmilne naprave - 5. del: Sestavi za distribucijo električne energije v javnih omrežjih,
SIST EN 61439-6; Sestavi nizkonapetostnih in krmilnih naprav - 6. del: Zbiralni povezovalni sistemi (zbiralna vodila).
- [2.2.6] SIST EN 60529; Stopnja zaščite, ki jo zagotavlja ohišje (koda IP)
- [2.2.7] SIST EN 62262; Stopnje zaščite pred mehanskimi udarci, ki jo ohišja nudijo električni opremi (koda IK) (istoveten s SIST EN 50102)
- [2.2.8] SIST EN 60947-1; Nizkonapetostne stikalne naprave - 1. del: Splošna pravila
- [2.2.9] SIST EN 60947-2; Nizkonapetostne stikalne naprave - 2. del: Odklopniki
- [2.2.10] SIST EN ISO 1461; Prevleke na železnih in jeklenih predmetih, nanesene z vročim pocinkanjem - Specifikacije in metode preskušanja
- [2.2.11] SIST EN 61643-11; Nizkonapetostne naprave za zaščito pred prenapetostnimi udari - 11. del: Naprave za zaščito pred prenapetostnimi udari za nizkonapetostne napajalne sisteme - Zahteve in preskusi
- [2.2.12] SIST EN 206; Beton - Specifikacija, lastnosti, proizvodnja in skladnost
- [2.2.13] SIST 1026; Beton - Specifikacija, lastnosti, proizvodnja in skladnost - Pravila za uporabo SIST EN 206
- [2.2.14] SIST EN 1990; Evrokod - Osnove projektiranja
- [2.2.15] SIST EN 1992-1-1; Evrokod 2: Projektiranje betonskih konstrukcij - 1-1. del: Splošna pravila in pravila za stavbe
- [2.2.16] SIST EN 1992-1-2; Evrokod 2: Projektiranje betonskih konstrukcij - 1-2. del: Splošna pravila - Projektiranje požarno varnih konstrukcij
- [2.2.17] SIST EN 13369; Skupna pravila za montažne betonske izdelke
- [2.2.18] SIST EN 13670; Izvajanje betonskih konstrukcij - Nacionalni dodatek
- [2.2.19] SIST EN 12390-8; Preskušanje strjenega betona - 8. del: Globina vpijanja vode pod pritiskom
- [2.2.20] SIST ISO 1996-2; Akustika - Opis, merjenje in ocena hrupa v okolju - 2. del: Določanje ravni hrupa v okolju
- [2.2.21] SIST EN 62305-2; Zaščita pred delovanjem strele - 2. del: Vodenje rizika
- [2.2.22] SIST EN 60522; Ozemljitve elektroenergetskih postrojev, ki presegajo 1 kV izmenične napetosti
- [2.2.23] SIST EN 60364-4-41; Nizkonapetostne električne instalacije-4-41.del: zaščitni ukrepi-Zaščita pred električnim udarom

2.3 ŠTUDIJE IN SMERNICE

- [2.3.1] Guidelines on limits of exposure to time-varying electric, magnetic and electromagnetic fields (1 Hz – 300 GHz); 1998
- [2.3.2] Raziskave možnosti izvedbe ozemljevanja v TP SN/NN v SN omrežjih ozemljenih preko nizkoohmskega upora, kjer so potrebni dodatni ukrepi za uporabo TN in TT sistema, EIMV št 1152;

[2.3.3] EZS Priporočilo EZS TPR-01-2015 Zaščita nizkonapetostnih omrežij in pripadajočih transformatorskih postaj, EZS Ljubljana 2015

3 POMEN IZRAZOV

Tr

okrajšava za distribucijski transformator

Zbiralka

vodnik z nizko impedanco namenjen za razvod napajanja z električno energijo na več izvodov oz. vodnikov.

Transformatorska postaja (TP)

je objekt, prostor ali steber, kjer imamo vgrajen en ali več Tr s pripadajočo opremo, katerih naloga je namenjena transformaciji srednje napetosti (SN) na nizko napetost (NN) in napajanju odjemalcev z električno energijo.

Tip in velikost TP

določa moč in število transformatorjev, možnost vključevanja SN in NN vodov (prosti vodi, kablovodi), način obratovanja SN omrežja (radialno, v zanki) in lokacija TP.

Distribucijska TP

je namenjena široki potrošnji, kamor sodijo npr. gospodinjstva, obrt, manjši lokali in poslovni prostori.

Industrijska TP

je namenjena izključno za potrebe industrije. Zaradi meritev porabljene energije na SN dovodu, praviloma ni možno napajanje drugih odjemalcev.

Kompaktna TP (KTP)

je samostoječa TP, ki ima posluževanje SN in NN naprav od zunaj in je izdelana iz enega ali dveh delov ohišja.

Montažna TP (MTP)

je samostoječa TP, ki ima posluževanje naprav v notranjosti in je izdelana iz več delov ohišja.

Zidana TP (ZTP)

je samostoječa TP, ki ima posluževanje naprav v notranjosti in je zidana iz betonskih ali opečnatih zidakov in AB plošč

Stebrna TP (STP)

je TP z opremo nameščeno na stebru, ki je lahko lesen, kovinski ali betonski.

TP v objektu

je praviloma postavljena v kletnih prostorih stanovanjskih blokov ali drugem gospodarskem objektu

Ohišje TP

je gradbeni del TP in ima namen ščitenja elektro opreme pred vremenskimi vplivi ter pred nekontroliranim vstopom in ga običajno sestavlja temeljni del, stene, pohodne plošče, oljni lovil-ec(ci) ter streha.

Ohišje za notranje posluževanje

je takrat kadar se obratovalne manipulacije opravljajo znotraj ohišja TP.

Ohišje za zunanje posluževanje

je takrat kadar se obratovalne manipulacije opravljajo zunaj ohišja TP.

Moči

distribucijskih transformatorjev v distribucijskih TP so tipizirane: 50, 100, 160, 250, 400, 630, 1000 kVA.

Nazivna moč TP

posamezne TP je določena z maksimalno dopustno močjo in številom Tr.

Obratovališče

je prostor v zgradbi ali na prostem, ki je določen za namestitev in obratovanje elektroenergetskih in drugih postrojev, v katerega imajo ob rednem obratovanju dostop tudi osebe, ki niso zaposlene pri vzdrževanju postrojev ali pri njihovem posluževanju. (5. člen Pravilnika o varstvu pri delu pred nevarnostjo električnega toka).

Električna obratovališča

so prostori v zgradbah ali na prostem, določeni predvsem za namestitev in obratovanje elektroenergetskih postrojev, v katerih se smejo zadrževati samo tisti, ki take postroje vzdržujejo ali z njimi ravnaajo. Drugim osebam je dovoljen dostop v take prostore le pod strokovnim nadzorstvom (5. člen Pravilnika o varstvu pri delu pred nevarnostjo električnega toka).

Zaprta električna obratovališča

so prostori v zgradbah ali ograjeni prostori na prostem, določeni izključno za namestitev in obratovanje električnih postrojev, ki so med njihovim obratovanjem zaklenjena in je vanje dovoljen občasen dostop le za to pooblaščenim osebam (5. člen Pravilnika o varstvu pri delu pred nevarnostjo električnega toka).

NN ali SN razdelilnik

je naprava sestavljena iz zbiralk, stikalnih in zaščitnih elementov v kateri se energija razdeli na več izvodov s pomočjo ti. polj ali celic ter se izvajajo stikalne in zaščitne funkcije izvodov.

SN stikalni blok (SNB)

je kombinacija enega ali več SN razdelilnikov, ki so sestavljeni iz izvodnih celic le te pa iz stikalnih aparatov, povezanih s krmilno, merilno, zaščitno in regulacijsko opremo, z vsemi notranjimi električnimi in mehanskimi povezavami ter sestavnimi deli vgrajenimi v samonosilnem zaprtem kovinskem ohišju (omari).

NN stikalni blok (NNB)

je kombinacija enega ali več NN razdelilnikov, ki so sestavljeni iz stikalnih aparatov, povezanih s krmilno, merilno, zaščitno in regulacijsko opremo, z vsemi notranjimi električnimi in mehanskimi povezavami ter sestavnimi deli vgrajenimi v samonosilnem zaprtem kovinskem ohišju (omari). Uporablja se pretežno v MTP.

NN razdelilna plošča (NNP)

je kombinacija enega ali več nizkonapetostnih razdelilnikov, ki so sestavljeni iz stikalnih aparatov, povezanih s krmilno, merilno, zaščitno in regulacijsko opremo, z vsemi notranjimi električnimi in mehanskimi povezavami ter sestavnimi deli vgrajenimi na kovinski plošči ali plošči iz umetnih materialov. Uporablja se pretežno v KTP.

Vertikalni varovalčni ločilnik (VVL)

je izolirano podnožje za vgradnjo NV (NH) nožastih varovalk razporejenih vertikalno in je namenjen pretežno tripolnemu ločevanju NN kabelskih izvodov.

Horizontalni varovalčni ločilnik (HVL)

je izolirano podnožje za vgradnjo NV (NH) nožastih varovalk razporejenih horizontalno in je namenjen pretežno tripolnemu ločevanju NN kabelskih izvodov.

Odklopnik

je mehanski stikalni aparat, ki je sposoben vklopiti, prevajati in izklopiti tok v normalnih obratovalnih pogojih, in vklopiti, prevajati in v določenem času izklopiti tok v nenormalnih obratovalnih pogojih, kot je kratek stik.

Bremensko stikalo

je stikalo, ki je v normalnih obratovalnih pogojih sposobno vklopiti, prevajati in izklopiti nazivni tok.

4 PREGLED OBSTOJEČIH TRANSFORMATORSKIH POSTAJ

Distribucijske TP delimo na:

4.1 PODEŽELSKESKE – NADZEMNE

☐ Stolpna izvedba (zidane):

- transformacija je 20 (10) / 0,4 kV,
- grajene so za moči do 630 kVA,
- transformator z odvodi je v spodnjem delu, na vrhu so dovodi preko stikal in varovalk,
- potek gradnje je bil daljši in dražji, poleg tega je moteč estetski videz,

☐ Stebrna (jamborska) izvedba:

- so enostavnejše
- grajene so za moči do 250 kVA,
- izvedba je nadzemna na oporišču (prostozračni priklop), zato je bolj izpostavljena atmosferskim vplivom,
- postavljene so na lesenih, jeklenih, aluminijastih ali betonskih stebrih ali konstrukcijah.

4.2 MESTNE - KABELSKESKE

☐ Klasično zidane:

- arhitekturno so najbolj umeščene v okolju,
- uporabljajo se za moči do 1000 kVA, lahko pa tudi do 4000 kVA,
- večje enote imajo tudi urejeno oljno jamo zaradi nevarnosti razlitja olja,

☐ Montažne:

- betonske in kovinske izvedbe (moči do 2×1000 kVA), večje enote so sestavljene modularno,
- večinoma so postavljene na predhodno postavljeno temeljno ploščo,

☐ V objektih:

- postavljene so v kletnih ali pritličnih prostorih stanovanjskih blokov ali drugih gospodarskih objektih,
- slabost je vpliv hrupa in vpliv magnetnega polja na okolico,
- gradile so se za manjše moči do 1000 kVA,

☐ Pod zemljo:

- postavljene so na neizkoriščenih predelih zemljišč v mestih pod zemljo (otoki),
- nevpadljiva arhitekturna rešitev,
- po načinu gradnje so najzahtevnejše in najdražje, saj moramo zagotoviti zaščito pred zalitjem vode ter zadostiti zahtevam za prezračevanje.

5 USMERITVE ZA PROJEKTIRANJE TRANSFORMATORSKIH POSTAJ

Pri izbiri tipa transformatorske postaje je potrebno upoštevati:

- maksimalno projektirano moč TP (ohišja), ki naj bo vsaj stopnjo moči transformatorja večja, kot kaže izračun za velikost transformatorja, razen če razvoj distribucijskega omrežja na obravnavanem območju ne predvideva večjega porasta moči in s tem potrebe po večji maksimalni moči TP,
- velikost SN stikališča (plinski, s trdo izolacijo ali klasični SN stikalni blok (VzVz..T), meritve el. energije (VzVz..SMT)),
- velikost in potrebe po NN izvodih,
- prostorske in okoljske zahteve z upoštevanjem zahtev za izgradnjo, posluževanje in vzdrževanje TP,
- velikost ohišja TP naj upošteva tudi spremembe gabaritov transformatorjev (zaradi zmanjšanja lastnih energetskih izgub) vgrajenih v TP,
- lastništvo TP (pri tujih TP je priporočeno ločeno posluževanje naprav v SN in NN delu, glej TS - 16).

5.1 IZBIRA LOKACIJE

Pri izbiri lokacije samostoječe TP je potrebno upoštevati naslednje pogoje:

- da je TP postavljena, kar se le da blizu težišča obremenitve,
- da so SN in NN priključni vodi kratki, ter njihov razvod enostaven,
- da je dostop do lokacije neoviran zaradi namestitve ohišja TP, montaže elektro opreme in poznejšega vzdrževanja,
- da se TP ne postavlja na nestabilna tla oz. plazeča tla hudournikov, površinskih ali podzemnih voda (možnost poplav); uporaba pogoja stoletnih vod,
- da TP ne postavljamo na podzemne inštalacije drugih komunalnih vodov ter zagotoviti ustrezne odmike le-teh v okolici TP,
- da se pri postavitvi TP v urbanem okolju držimo zahtev o vplivu objekta na okolje (arhitekturna in barvna uskladitev),
- da je lokacija usklajena z urbanističnimi prostorskimi pogoji in zahtevami, ki jih zahteva upravni organ,
- da je oddaljenost TP od sosednjih parcel več kot 4 m, za kar ni potrebno predhodno pridobiti soglasij sosednjih lastnikov,
- da se na stranici TP, kjer se nahajajo vrata Tr in SN postroja zagotovljen minimalno 2 metrski manipulativni prostor do robnika ceste, na ostalih straneh pa zadostuje manipulativni prostor v širini 1 m od zunanje stene TP,
- dovoz mora biti v širini najmanj 2,5 m, da je omogočen neoviran uvoz z večjimi transportnimi sredstvi oz. kamioni in dvigali,
- v primeru lokacije na parkirišču mora biti talna oznaka narisana za prepovedano parkiranje pred vhodom TP,
- določitev minimalne velikosti površine parcele oz. funkcionalnega zemljišča glede na zahtevane odmike in pogoje soglasodajalcev,
- da je prostor za TP, na katerem se postavlja v objekt, v nivoju terena (razen če pogoji iz 4 alineje niso dosegljivi) ter
- da se TP orientira tako, da je del s transformatorjem usmerjen proti severni strani.

5.2 STEBRNE TP

5.2.1 UPORABA

Uporabljajo se za namestitve transformatorjev moči 20, 35, 50, 100, 160 in 250 kVA na stebre, predvsem v hribovitih in redko naseljenih območjih ter kotčasne objekte na manjših gradbiščih.

Ta tip TP pretežno uporabljamo v naslednjih primerih SN in NN omrežja:

- SN nadzemni priključni vod izveden nadzemno (ACSR vodnik, univerzalni kabel (UK) ter
- priklop na obstoječe NNO v nadzemni izvedbi (SKS) ter deloma kabelski obliki (uporabijo se tipski preseki kablov prav tako se uporabijo tipski leseni, betonski in kovinski drogovi z upoštevanjem rezultante projektnih nateznih sil na vrhu droga, ki ne smejo presegati dopustnih obremenitev drogov).

Opomba:

Tip TB 35 ali TP/L,A-35,50 se uporabi samo izjemoma kot smiselna tehnična rešitev v primerih kot so npr.; zahteve po služnosti, zahteve glede velikosti namenskega prostora, neperspektiven razvoj, začasno napajanje, naravni parki, ...

5.2.2 OZNAČEVANJE

- TB 35 20/0,4 kV: Transformatorska postaja na betonskem drogu za moč 35 kVA
- TP/LN 35 20/0,4 kV: Transformatorska postaja na lesenem nosilnem drogu za moč 35 kVA
- TP/LA 50 20/0,4 kV: Transformatorska postaja na lesenem A-drogu za moč 50 kVA
- TB 250 R – 20/0,4 kV: Transformatorska postaja na betonskem drogu za moč do 250 kVA
- TP/JC 250 – 20/0,4 kV: Transformatorska postaja na jeklenem cevnom drogu za moč do 250 kVA

5.2.3 OPIS

Osnova TP je betonski, kovinski oziroma leseni drog v betonskih kleščah. Vsa potrebna oprema na lesenih drogovih je vgrajena na jeklenih konzolah, na betonskem drogu pa so konzole lahko tudi betonske. Nizkonapetostna omarica naj ima največ do štiri izvode, kjer je eden predviden za potrebe priključitve nadomestnega napajanja TP (agregata).

Za varno posluževanje je potrebno na stojno mesto pred TP vgraditi ločilnik. Pred ločitvijo SN strani je potrebno razbremeniti NN stran oz. upoštevati predpisana obratovalna navodila.

Enopolna shema vseh TP na drogovih je prikazana v prilogi – do največ štiri (4) NN izvodi 250 A, za javno razsvetljavo se uporabi ločeno omarico.

Osnovni element TB 250 R je armirano betonski centrifugiran drog, ki je postavljen v betonski temelj. Konzole in podest transformatorja so iz armiranega betona ali kovinske. Dopustna horizontalna natezna sila na vrhu betonskega droga je najmanj 1500 daN, celotna dolžina droga je 12 m.

Pri projektiranju se lahko uporablja naslednja potrjena tipizacija na področju TP 10-20/0,4 kV, ki je bila izdelana in sprejeta na SOZD EGS Elektrogospodarstvu Slovenije ter interno sprejete dopolnitve EDP, ki na teh tipizacijah temeljijo:

- Tipska transformatorska postaja na betonskem drogu TB100: 10-20/0,4 kV do 100 kVA,
- Tipska transformatorska postaja na jeklenem jamboru TJ 250 R; 10-20/0,4 kV do 250 kVA,
- Tipska transformatorska postaja na betonskem drogu TB 250; 10-20/0,4 kV do 250 kVA,
- Statični račun tipske transformatorske postaje TB 250; EGS, december 1984 .



Slika 1: Primeri obstoječih izvedb stebrih TP

5.3 KOMPAKTNE TP

5.3.1 UPORABA

☐ **Kompaktne TP uporabljamo v naslednjih primerih:**

- za napajanje naselij, manjših industrijskih objektov, kmetijskih objektov, gradbišč in podobno,
- v distribucijskem omrežju kot končna postaja ali postaja v zanki,
- uporabljamo tipe KTP, ki so navedeni v Tabeli 1.

☐ **Izvedbe (tipi) kompaktnih TP:**

- kompaktne postaje s pločevinastim ohišjem: KTP/p 250/1 kVA, KTP/p 250/3, KTP/p 630/3 kVA, KTP/p 1000/3 kVA uporabimo, ko je okolje pretežno ruralno (npr. podeželje) ter na slabi nosilnosti tal in težko dostopnem terenu,
- kompaktne postaje z betonskim ohišjem: KTP/b 250/3, KTP/b 400/3 kVA, KTP/b 630/3 kVA, uporabljamo predvsem tam, ko je okolje pretežno urbano (okolica TP so stavbe, asfalt, skale in podobno), kjer je velika nosilnost tal in tam kjer je možen dostop z avtodvigalom zaradi postavitve.

☐ **Za posamezne tipe kompaktnih TP se odločimo v naslednjih primerih SN in NN omrežja:**

- **KTP/p in KTP/b 250 kVA**
Uporabimo v primeru, ko imamo kabelski SN priključni vod in kabelske NN izhode ter potrebno moč Tr 50 do 250 kVA.
- **KTP/p in KTP/b 630 kVA ter KTP/p in KTP/b 1000 kVA**
Uporabimo v primeru, ko imamo kabelski SN priključni vod in kabelske NN izhode ter potrebno moč Tr 250 do 630 ali 1000 kVA.

5.3.2 OZNAČEVANJE IN TIPI

Označevanje kompaktnih kabelskih transformatorskih postaj z zunanjim posluževanjem se izvaja na naslednji način:

KTP / p 250 / 1Č 20/0,4 kV
 --1-- -2- --3-- -4-5- -----6-----

1. Vrsta

KTP Kompaktna transformatorska postaja

2. Ohišje

p pločevinasto
b betonsko

3. Nazivna moč (kVA)

250
400
630
1000

4. Priklop na SN omrežje

1 direktni SN priključitev (brez SN stikalnega bloka – samo SN varovalke)
3 SN stikalni blok max. 3 celice (npr.:SF₆, suhi zrak)
4 SN stikalni blok max. 4 celice
4M SN stikalni blok max. 4 celice z meritvami

5. Razporeditev posluževalnih vrat

Č Čelna (je takrat ko so vrata v posluževalne prostore na eni steni)

6. Nazivna napetostna prestava TP

20/0,4 kV

Tabela 1: Tipi distribucijskih kompaktnih TP s SN in NN opremo

Oznaka	Vgrajena SN oprema	Vgrajena NN oprema dovod / izvodi	$S_{Tr MAX}$ (kVA)	Min.mere ohišja $d \times š \times v$ (mm)
KTP/p KTP/b 250/1	Brez SN opreme-priklop SN kabla preko vgrajenega SN varovalčnega podnožja na Tr	$1 \times VVL 400 A / 3$ / (do največ) $6 \times VVL 400 A / 3$	250	pločevinasta: $1700 \times 1320 \times 2605$ betonska: $1700 \times 2000 \times 2550$ (teža ohišja: ≈ 75 kN)
KTP/p KTP/b 250/3	Do največ 3-celični stikalni SN blok (VzVzT)	$1 \times VVL 400 A / 3$ / (do največ) $6 \times VVL 400 A / 3$	250	pločevinasta: $2070 \times 1700 \times 2760$ betonska: $1700 \times 2000 \times 2550$ (teža ohišja: ≈ 75 kN)
KTP/b 400/4	do največ 4-celični stikalni SN blok (VzVzVzT)	$1 \times$ bremensko stikalo $I_n=1250 A, 50 kA$ / (do največ) $8 \times VVL 400 A$ ali $630 A / 3$	400	$2800 \times 2000 \times 2400$ teža ohišja z opremo na teren: $\approx$ do 100 kN
KTP/p KTP/b 630/4	Do največ 4-celični stikalni SN blok (VzVzVzT)	$1 \times$ bremensko stikalo $I_n=1250 A, 50 kA$ / (do največ) $8 \times VVL 400 A$ ali $630 A / 3$	630	pločevinasta: $2500 \times 2000 \times 2825$ betonska: $1800 \times 3000 \times 2650$ (teža ohišja: ≈ 75 kN)
KTP/p KTP/b 630/4Č	Do največ 4-celični stikalni SN blok (VzVzVzT)	$1 \times$ bremensko stikalo $I_n=1250 A, 50 kA$ / (do največ) $9 \times VVL 400 A$ ali $630 A / 3$	630	pločevinasta: $3600 \times 1700 \times 3017$ betonska: $1800 \times 3000 \times 2650$ (teža ohišja: ≈ 100 kN)
KTP/p KTP/b 1000/4	Do največ 4-celični stikalni SN blok (VzVzVzT)	$1 \times$ odklopnik $I_n=1600 A, 50 kA$ / (do največ) $9 \times VVL 400 A$ ali $630 A / 3$	1000	pločevinasta: $3200 \times 2200 \times 2830$ betonska: $2400 \times 3100 \times 2650$ (teža ohišja: ≈ 130 kN)

5.3.3 OPIS

Kompaktna transformatorska postaja je sestavljena iz dveh delov in sicer iz ohišja in snemljive strehe. Vanjo je možno glede na velikost ohišja vgraditi transformator moči do vključno 1000 kVA. Predvidena je za posluževanje z zunanje strani.

Glede na tip ohišja poznamo dve vrsti kompaktnih transformatorskih postaj in sicer:

- kompaktno postajo s pločevinastim (AlMg3) ohišjem in streho in
- kompaktno postajo z betonskim (C35/45) ohišjem in streho.

Stopnja mehanske zaščite (po [2.2.6]) mora biti najmanj IP33 in stopnja trdnosti najmanj IK 10. Beton (za ohišja betonskih postaj) mora ustrezati pravilniku [2.1.5].

Vsa vgrajena kovinska oprema (vrata, okvirji za vrata ...) mora biti iz nerjavnega materiala (Al, inox, pocinkana pločevina po [2.2.10] prašno barvana).

Vsa vrata so izvedena s tritočkovnim zapiranjem, z možnostjo montaže ključavnice z ustreznim cilindričnim vložkom, skladno s postrojem (SN, NN ali TR), ki ga zapira/zaklepa.

Negibljive žaluzije na vratih morajo omogočati prezračevanje ohišja in hlajenje transformatorja z naravno cirkulacijo zraka. Odprtina mora biti zaščiten proti vstopu malih živali in predmetov – zaščita najmanj IP23D.

Vsa vrata morajo biti trajno označena z opozorilnimi napisnimi tablicami, ustrezno glede na opremo in kot npr. »SN POSTROJ«, »NN POSTROJ« in »TRANSFORMATOR«. Na vrata, ki omogočajo dostop do NN postroja, je nameščena tablica z imenom postaje in letnico izdelave postaje. Na vseh vratih morajo biti še opozorilne tablice »POZOR! VISOKA NAPETOST SMRTNO NEVARNO«

Vsa vrata morajo biti povezana z ohišjem postaje oziroma ozemljena z bakrenimi finožičnimi vodniki ali bakrenimi pletenicami. Streha mora biti snemljive izvedbe oziroma mora omogočati enostavno zamenjavo energetske opreme v postaji.

Namenu oljne jame služi spodnji del postaje, namenjen preprečevanju nekontroliranega iztekanja transformatorskega olja ali izolacijsko-hladilne tekočine distribucijskih transformatorjev. Dimenzioniran mora biti za odgovarjajočo količino tekočine glede na nazivno moč TP oziroma ustreznega transformatorja ter mora biti vodotesen (opravljen pozitiven test vodotesnosti).

Za uvod SN in NN kablov v postajo služijo:

- pri pločevinasti kompaktni postaji za to predvidene uvodne cevi, tesnjene s samokrčnim materialom (cevmi) po vpeljavi kablov,
- pri betonski postaji pa uvodna okna, v katere se montirajo posebne uvodnice (adapterji), ki omogočajo tesnjenje kablov.

5.3.3.1 NIZKONAPETOSTNI RAZDELILNE PLOŠČE 0,4 KV

Podrobnejši opis NN razdelilnih plošč KTP je podan v GIZ TS 16 v poglavjih pripadajočih tipov KTP.

5.3.3.2 POVEZAVA MED TRANSFORMATORSKO CELICO IN TRANSFORMATORJEM

Podrobnejši opis povezav med Tr celico in Tr v KTP so podane v GIZ TS 16 v poglavjih pripadajočih tipov KTP.

5.3.3.3 POVEZAVA MED TRANSFORMATORJEM IN NN RAZDELILNO PLOŠČO

NN povezave med NN stranjo Tr in NN razdelilno ploščo so obdelane v poglavju 5.4.3.3 in Tabeli 5 Dodatka A.

5.3.3.4 VAROVANJE TRANSFORMATORJA

Varovanje transformatorja je podano v GIZ TS 16 v pogl. pripadajočih tipov KTP ter skladno s pogl. 5.4.3.4 in Dodatkom B.

5.3.3.5 OZEMLJITVE TRANSFORMATORSKE POSTAJE

Za ozemljevanje KTP se smiselno uporablja določila iz poglavja 5.4.3.5 in Dodatka C.

5.3.3.6 ZAŠČITA PROTI NAPETOSTI DOTIKA

Za zaščito pred napetostjo dotika v KTP se uporablja določila iz poglavja 5.4.3.6.

5.3.3.7 STRELOVODNA ZAŠČITA

Za strelovodno zaščito KTP se uporablja določila iz poglavja 5.4.3.7.

5.3.3.8 PRENAPETOSTNA ZAŠČITA

Za prenapetostno zaščito KTP se uporablja določila iz poglavja 5.4.3.8.



Slika 2: Primeri izvedbe KTP: betonska (levo) in pločevinasta (desno)

Podrobneje so zahteve za KTP podane v GIZ TS-16 Tehnična smernica za gradnjo kompaktnih transformatorskih postaj 20(10)/0,4 kV.

5.4 MONTAŽNE TP

5.4.1 UPORABA

Montažne betonske kabske postaje se uporabljajo v distribucijskih in industrijskih omrežjih kot končne, vozliščne ali prehodne postaje. Prednostno se uporabljajo v urbanih mestnih področjih, industrijskih conah ter manj na podeželju.

5.4.2 OZNAČEVANJE IN TIPI

Označevanje kabelskih transformatorskih postaj za notranje posluževanje se izvaja na naslednji način:

MTP 630 / 1 / 0 Č 20/0,4 kV
 --1-- --2-- -3- 4- -5- -----6-----

1. Vrsta

MTP Montažna transformatorska postaja

2. Nazivna moč (kVA)

250
400
630
1000

3. Priklop na SN omrežje

0 samo ohišje brez opreme
1 direktni SN prikop (brez SN stikalnega bloka)
3 SN stikalni blok max. 3 celice (npr.:SF₆, suhi zrak)
4 SN stikalni blok max. 4 celice
4M SN stikalni blok max. 4 celice z meritvami

4. Streha

0 ravna streha s premazom
20 dvokapnica, naklon 20 stopinj (primorski)
30 dvokapnica, naklon 30 stopinj (celinski)
45 dvokapnica, naklon 45 stopinj (alpski)

5. Postavitev vrat

Č Čelna

5. Nazivna napetostna prestava

20/0,4 kV

Tabela 2: Tipi distribucijskih montažnih TP s SN in NN opremo

Oznaka	Zmogljivost ohišja TP [kVA]	Največja zmogljivost SN prostora s klasičnimi ali celicami s plinom	Največja zmogljivost NN prostora	Največje zunanje dimenzije ohišja Dolžina (tam kjer je več vrat) × širina × višina (mm)
MTP 250/3*	1 × 250	SNB 24/630 VzVzT	NNB 400/4 × 250	2200 × 2200 × 2750
MTP 630/3/ (z M)	1 × 630	SNB 24/630 VzVzT ali SNB 24/630 VzVzVzMT	NNB 900/1250/12 × 400 ali 630	4140 ÷ 4590 × 2640 ÷ 2670 × >2790
MTP 2 × 630/5	2 × 630	SNB 24/630 VzVzMTT	NNB 2 × 900/1250/12 × 400 ali 630	4720 × 4140 × 2790
MTP 1000/4	1 × 1000	SNB 24/630 VzVzVzT	NNB 1400/1600/12 × 400 ali 630	4140 ÷ 4600 × 3210 ÷ 3260 × 2790 ÷ 2800
MTP 2 × 1000/8	2 × 1000	do 8 klasičnih celic	NNB 2 × 1400/1600/12 × 400 ali 630	6500 × 4140 × 2790

*za uporabo v posebnih okoljskih ali prostorskih zahtevah (npr. naravovarstvena zaščitena okolja.) kjer je potrebna streha dvokapnica z 20, 30 ali 45 stopinjskim naklonom. Enako je možno opremiti s streho dvokapnico tudi vse ostale tipe TP.

Legenda:

- | | |
|------------------------|--|
| • NNB 900/ 1250/12x400 | NN blok, I_n zbiralk 900 A, I_n stikala 1250 A, 12 izvodov, 400 A |
| • SNB/P 24/630 VzVzVzT | SNB 4 celični SN stikalni blok, P-plinska izolacija (SF_6), 24 kV in 630 A |
| • SNB/T 24/630 VzVzVzT | SNB 4 celični SN stikalni blok, T-trdna izolacija (suhi zrak), 24 kV in 630 A |

5.4.3 OPIS SESTAVE MTP

❑ Gradbeni del TP sestavljajo montažno betonski elementi.

- **Kletni del** je izdelan kot betonsko korito v vodo in blatotesni izvedbi. Kabelska zanka je izvedena v koritu temelja.
- **Velikost ohišja** mora biti zasnovana za vgradnjo sodobne opreme, ki se uporablja v EU in v SLO distribuciji (merska odstopanja AB montažnih ohišij so za primere brez podanega razpona gabaritov lahko max. + 3% od podanih).
- **Kabelski prostor** mora omogočati uporabo kabla z radijem krivljenja do 125 cm. Svetla višina kabelskega prostora mora biti najmanj 80 cm.
- Na mestu kabelskega uvoda so vgrajena ustrezna tesnila v steni temelja.
- **Lovilec olja** je iz vodo neprepustnega materiala.
- **Streha** je ravna betonska z vodoneprepustnim in UV odpornim premazom ali dvokapnica s kritino značilno za lokalno področje (npr. bobrovec, ...).
- **Stavbna galanterija** je izdelana iz eloksiranih aluminijastih elementov ali nerjavnih materialov (inox ali vroče cinkano).
- Vsi elementi so izdelani iz materialov, ki ne potrebujejo vzdrževanja (beton, aluminij).
- **Transformatorski prostor** z možnostjo namestitve transformatorjev moči do 630 ali 1000 kVA oz. moči do 2×630 kVA ali 2×1000 .
- **Priključek za NN agregat** je odprtina v steni TP (priporočeno na zadnji steni stikalnega prostora TP) za dovod NN kablov za priključitev agregata z predfabricirano uvodnico, s kovinsko zaporo.
- **SN in NN del** v skupnem prostoru (distribucijska TP),
- **SN in NN del ločen** (industrijske tuje TP).

❑ Električni del TP 20/0,4 kV sestavljajo :

- **SN stikalni blok**; RMU oklepljen, konektorski SN priključki za srednje napetosti 10 ali 20 kV, do 5 celični SN stikalni blok z merilno celico, V SN celicah so vgrajena bremenska stikala – v transformatorski celici pa še SN varovalke z udarno iglo ali nastavljiv zaščitni modul ter komplet z izklopno tuljavo.
- **Distribucijski transformator**; TR 21/0,42 kV hermetično zaprt, konektorski SN priključki, izolirani NN priključki.
- **NN stikalni blok**; 0,4 kV, do 12 NN izvodov 400 ali 630 A na transformator, modularen, ločen dovodni del, modularno razširljivi odvodi po potrebi.

❑ Razpored SN in NN prostorov in opreme za TP v tuji lasti je priporočljivo, da sta ločena in sicer:

- **SN prostor**; možen vstop samo osebu distributerja, trafo celico naj ima lastnik možnost ločenega dostopa
- **NN prostor**; možen vstop samo lastniku TP, vstop oseb distribucije samo na zahtevo lastnika, običajno imajo lastniki TP osebe, ki imajo znanje in so usposobljene za manipulacije na NN postrojih (obratni električarji, vzdrževalci...),
- izjemoma **brez ločenega SN in NN dela**, vendar v dogovoru z lastnikom o posesti ključev vhodnih vrat v SN in NN prostor (npr. s ključavnico za dvema različnima cilindričnima vložkoma) ter z namestitvijo obešank na merilni ter na vhodni in izhodni kabelski celici.

5.4.3.1 NIZKONAPETOSTNI STIKALNI BLOK 0,4 KV

Sestavljata minimalno dve polji. Ohišje NN stikalnega bloka je izdelano iz kovinskih profilov in pločevine, ki mu dajejo ustrezno togost in stabilnost. Polji sta opremljeni po priloženi enopolni shemi, ki naj vsebuje: bremensko stikalo ali odklopnik, tokovne transformatorje, multimeter, termično zaščito, varovalke pomožnih tokokrogov, vertikalne varovalčne ločilnike, odvodnike prenapetosti in zbiranke ustreznih presekov.

❑ **NN stikalni blok naj vsebuje naslednje število NN kablskih izvodov glede na velikost TR:**

- do 1 × 630 kVA, 8 x 400 A ali 630 A
- do 1 × 1000 kVA 8 -12 x 400 A ali 630 A
- 2 × 1000 - 2 x 12 kom 400 A ali 630 A

❑ **NN stikalni blok mora biti izdelan za naslednje nazivne tokove:**

- do 1 × 630 kVA – 900 A,
- do 1 × 1000 kVA – 1400 A.

❑ **Dimenzije tipskih NN stikalnih blokov za montažne betonske TP so:**

- vsi tipi dimenzij širine od 550 do 1000 ter globine 400 do 500 ter višin 1900 do 2000 mm.

Nizkonapetostni razdelilnik sestavljata dovodno in razvodno NN polje. V dovodnem polju so ustrezni merilni transformatorji XX/5 A ($n < 5$), bremensko stikalo ali odklopnik in ostala oprema.

Razvodna polja so opremljena z vertikalnimi varovalčnimi ločilniki (VVL) z NV (NH) varovalkami za enopolni ali tripolni izklop.

Vsa NN oprema v TP je dimenzionirana glede na zahteve za zbiralke 0,4 kV.

V distribucijskih NN razdelilnikih se ne vgrajuje NN plošče za potrebe javne razsvetljave.

V industrijskih TP se pogosto v nizkonapetostnem prostoru vgrajuje naprave za kompenzacijo jalove energije, ki je preko stikala oziroma varovalk priključena na nizkonapetostne zbiralke.

5.4.3.2 POVEZAVA MED TRANSFORMATORSKO CELICO IN TRANSFORMATORJEM

Povezava med SN transformatorsko celico in transformatorjem je izvedena s tremi 20 kV enožilnimi kabli tip NA2XS(F)2Y 1 x 70 RM/16 mm². Kabel se v transformatorski celici in na transformatorju zaključí s kablskimi ekranizirani kotnimi konektorji po GIZ TS-4 Pribor za kable 12/20/24 kV. Ekran kablov je na obeh straneh priključen na zaščitno ozemljitev TP.

Varovanje povezovalnih kablov in transformatorja bo izvedeno s SN varovalkami nameščenimi v transformatorski celici. Kabli bodo s pomočjo nemagnetnih nosilcev pritrjeni na steno.

5.4.3.3 POVEZAVA MED TRANSFORMATORJEM IN NN STIKALNIM BLOKOM 0,4 kV

Povezavo med NN priključki transformatorja in bremenskim stikalom oz. priključnicami NN stikalnega bloka 0,4 kV izvedemo z enožilnimi kabli s plaščem. Uporabimo kable z bakrenimi vodniki razreda 2 ali 5 ter izolacijo katere najvišja dovoljena temperatura naj znaša 90 °C (npr N2XY, H07RN¹, FG7R, ...). Priporočen presek kablov prikazuje Tabela 3.

Preseki povezovalnih kablov zadoščajo tokovnim obremenitvam nameščenih transformatorjev in nadaljnji možni povečavi do največje projektirane moči ohišja TP. Predvidene uporabljene preseke in število žil po faznem in nevtralnem vodniku podaja Tabela 8 v Dodatku A. Faktorje za tokovne in temperaturne obremenitve ter medij in način polaganja podaja Tabela 3. Glede na mesto vgradnje ocenjujemo da so kabli izpostavljeni temperaturi okolice 45°C.

$$I_{\text{dop}}(\vartheta) = I_{\text{kab}}(30^{\circ}\text{C}) \times K(\vartheta) \times K_{\text{polaganja}}$$

S_{Tr}	- moč vgrajenega Tr
I_{2n}	- nazivni tok vgrajenega Tr na NN strani
$K(\vartheta)$	- temperaturni koeficient v odvisnosti od temperature okolice ϑ
$K_{\text{polaganja}}$	- faktor polaganja
S	- presek žile uporabljenega kabla
$I_{\text{kab}}(30^{\circ}\text{C})$	- dopustni tok kabla ²
$I_{\text{dop}}(\vartheta)$	- dopustni tok tokovne povezave pri temperaturi okolice ϑ

¹ Najvišja temperatura vodnika oz. izolacije se med proizvajalci giblje med 80 °C do 90 °C

² Za kabel z izolacijo iz EPDM gume po IEC 60364-5-52 Tabela B.52-12 Metoda F stolpec 6

Tabela 3: Preseki kableske povezave med Tr in NN stikalnim blokom 0,4 kV

Transformator		Kabel z izolacijo XLPE ali EPR					Št. kablov po fazi L _{1,2,3} / N	I _{dop} (30°C) [A]	I _{dop} (45°C) [A]	
S _{Tr} [kVA]	I _{2n} [A]	K (s) ³				K polaganja ⁴				S [mm²]
		30 °C	35 °C	40 °C	45 °C					
50	72	1	0,96	0,91	0,87	0,98	240	1 / 1	621 A	540
100	144	1	0,96	0,91	0,87	0,98	240	1 / 1	621 A	540
160	231	1	0,96	0,91	0,87	0,98	240	1 / 1	621 A	540
250	361	1	0,96	0,91	0,87	0,98	240	1 / 1	621 A	540
400	577	1	0,96	0,91	0,87	0,91	240	2 / 2	1154 A	1003
630	909	1	0,96	0,91	0,87	0,87	240	3 / 2	1655 A	1439
1000	1443	1	0,96	0,91	0,87	0,87	240	4 / 3	2206 A	1919

Kabli bodo na transformatorju in na dovodu dovodnega NN polja priključeni preko tunelskih izoliranih tokovnih sponk ali ustreznih standardiziranih priključnic.

V industrijskih TP se v SN prostoru vgradi tudi merilna garnitura - glej enopolno shemo.

Moduli montažno betonskih TP 20/0,4 kV se lahko združujejo v večje enote – običajno 2 × 630 (1000) kVA.

5.4.3.4 VAROVANJE TRANSFORMATORJA

Transformatorsko zaščito se izvaja v skladu s [2.1.11] in [2.1.13].

Osnovna zaščita distribucijskih transformatorjev je v vsakem tipu TP izvedena na maksimalno moč transformatorja, ki se vgradi v TP.

Transformatorji nazivnih moči nad 400 kVA morajo imeti tudi integrirano zaščito pred notranjo okvaro. Ki deluje na izklopilno tuljavo SN Tr celice.

V kolikor ni drugače izvedeno, se v TP, kjer imamo na NN izvodih priključene proizvodne vire energije, NN bremenskem stikalu ali NN odklopniku prigradi izklopno tuljavo tako, da v primeru delovanja zaščite izklopi proizvodni vir energije od sekundarja izklopljenega transformatorja.

5.4.3.4.1 ZAŠČITA PRED PREVELIKIM OBREMENILNIM TOKOM

Osnovni nivo zaščite pred prevelikim obremenilnim tokom za transformatorje velikosti od 250 kVA do vključno 630 kVA predstavlja Čebuljeva zaščita, ki deluje na izklop transformatorja na SN strani.

Zaščita varuje transformator na sekundarni strani s posebno umerjenim bimetalnim relejem, ki vezan na sekundarno navitje nizkonapetostnih tokovnih transformatorjev (NTT) deluje na izklop SN bremenskega stikala preko izklopne tuljave s širokim območjem delovanja (30 do 115% Un). Pri tem SN varovalke ne smejo pregoreti.

Primer nastavitve zaščite je podan v Dodatku B.

5.4.3.4.2 ZAŠČITE PRED TOKOM KRATKEGA STIKA

Transformator je na primarni strani varovan pred tokom kratkega stika s SN varovalkami ali relejem ki povzema izklopno karakteristiko varovalke.

Med nizkonapetostnimi zbiralkami in SN odklopim stikalom varujejo transformator pred tokom kratkega stika SN varovalke, ki v primeru priklopa na SN stikalni blok, povzročijo preko udarne ige tripolni izklop bremenskega stikala transformatorske celice.

Pri določanju vrednosti SN varovalk ali releja, ki povzema izklopno karakteristiko varovalke ter NN varovalk oz. NN odklopnikov, je potrebno vedno zagotavljati selektivnost izklopa.

SN varovalke morajo v primeru kratkega stika na NN zbiralkah pregoreti pred delovanjem bimetalnega releja.

³ IEC 60364-5-52 Tabela B.52-14

⁴ IEC 60364-5-52 Tabela B.52-21

5.4.3.4.3 OPIS ZAŠČITE PRED NOTRANJIMI NAPAKAMI TR

V izklopni tokokrog releja se lahko priklupi integrirana zaščita transformatorja (kontaktni termometer, tlakomer,...), ki deluje na izklop bremenskega stikala na primarni strani. Tokokrog večfunkcijske naprave varujemo z ustrezno varovalko (10 A).

T.i. Buchholz rele oziroma v hermetično zaprtih transformatorjih brez konzervatorja pa integrirana zaščita transformatorja delujeta na izklop SN stikala.

5.4.3.4.4 OPIS ZAŠČITE NA NN STRANI TR Z NN ODKLOPNIKOM

V primerih varovanja transformatorjev pred prevelikim obremenilnim tokom in tokom kratkega stika na NN zbiralkah se lahko uporabi NN odklopnik s pretokovno (L – *ang.* Load) in kratkostično zaščito (S – *ang.* Short circuit), ki v primeru delovanja izklopi sekundar transformatorja.

Primer nastavitve zaščite je podan v Dodatku B.

5.4.3.4.5 OPIS ZAŠČITE PRI PARALELNIM DELOVANJU NA NN STRANI TR

Zaščita pri paralelnem delovanju dveh transformatorjev je izvedena s spojnim poljem, ki ima vgrajeno bremensko stikalo z izklopilno tuljavico in sprožilnim mehanizmom. Pri delovanju zaščite enega samega transformatorja se izklopi spojno polje. V normalnem obratovanju sta izkoriščena oba transformatorja.

5.4.3.4.6 DOLOČITEV TER KONTROLA NASTAVITVE TRANSFORMATORSKE ZAŠČITE

V projektih za TP mora biti podana utemeljitev in določitev vrste zaščite z opisi, izračuni, tabelami z nastavitvami, enopolnimi in tripolnimi shemami in popisi v predračunih. Služba za Zaščito in meritve ali pooblaščen delavci pri revizijah oziroma zamenjavi transformatorjev v transformatorskih postajah (ob spremembi moči vgrajenih transformatorjev) izvajajo kontrolo in prenamestitev zaščit in izdela ustrezna poročila o pravilnosti delovanja le teh.

5.4.3.5 OZEMLJITVE TRANSFORMATORSKE POSTAJE

☐ Namen ozemljitve v električnih obratovalnih prostorih je:

- varovanje oseb, ki prihajajo v dotik s postrojem,
- zaščita opreme pred uničenjem,
- kvalitetnejši obratovalni pogoji.

Zgoraj omenjene zahteve morajo biti izpolnjene in sicer, da vse kovinske dele električnih postrojev, ki v normalnem obratovanju niso pod napetostjo, priključimo na ozemljilo. Upornost ozemljitvenega voda in ponikalna upornost ozemljila morata biti v takih mejah, da padec napetosti zaradi toka zemeljskega stika ne presega vrednosti predpisane s tehničnimi predpisi. V skrajnem primeru je potrebno s posebnimi ukrepi oblikovati potencialno polje okrog transformatorske postaje, da na nobenem mestu ne pride do previsoke napetosti dotika ali previsoke napetosti koraka, četudi bi se zaradi prevelike zemeljske upornosti pri zemeljskem stiku potencial znatno dvignil.

☐ V transformatorski postaji mora biti omogočena izvedba naslednjih ozemljitev:

- A. zaščitna ozemljitev,
- B. obratovalna ozemljitev,
- C. združena ozemljitev (A+B).

5.4.3.5.1 ZAŠČITNA OZEMLJITEV

Na zaščitno ozemljitev so vezani vsi kovinski deli, ki ne pripadajo obratovalnemu tokokrogu, pri okvarah pa lahko pridejo pod napetost neposredno, ali preko električnega obloka.

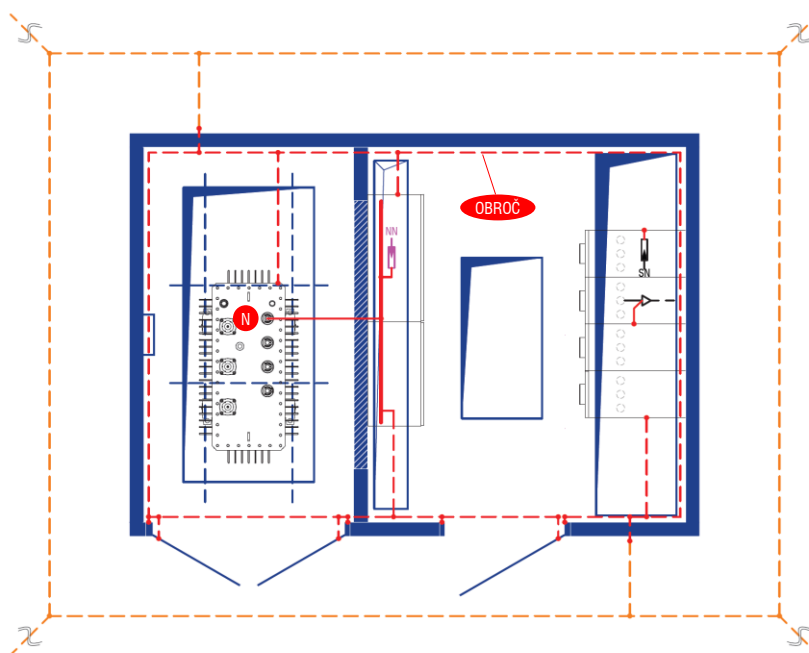
☐ Na zaščitno ozemljitev so vezani naslednji deli opreme:

- kovinska armatura gradbenih elementov,
- vsi kovinski deli SN stikalnega bloka, NN omare,
- ohišje transformatorja,
- sekundarni tokokrogi merilnih transformatorjev,
- kovinski plašči in ekrani energetskih kablov,
- ozemljitev SN navitij enopolno izoliranih napetostnih transformatorjev,
- SN prenapetostni odvodniki,
- nevtralni vodnik NN omrežja, če se zaščitna ozemljitev koristi kot združena ozemljitev, in uporabe TN-C ozemljilnega sistema,

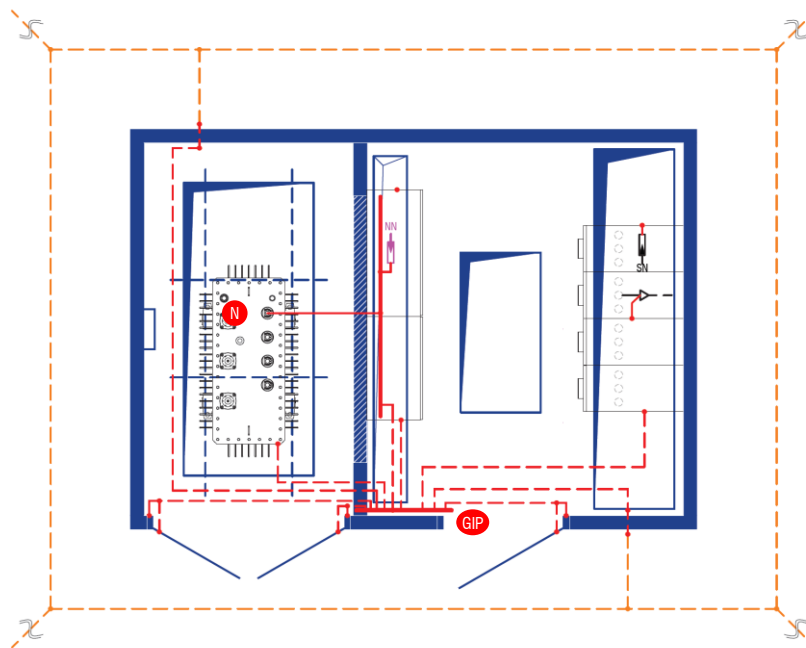
- ostala ozemljitev , ki lahko vpliva na zmanjšanje skupne upornosti ozemljila.

□ **Zaščitna ozemljitev v postaji mora biti izvedena na naslednji način:**

- vsi gradbeni elementi transformatorske postaje morajo biti medsebojno povezani z bakrenim vodnikom H07V-K $1 \times 16 \text{ mm}^2$ in s pocinkanimi vijaki M 12 ter podložkami, ki so privarjeni na armaturo betonskega elementa,
- vse nosilne konstrukcije električnih aparatov v SN in NN postroju so povezane s kovinskimi okovji celic preko pocinkanih vijakov z zobatimi podložkami. Enako velja pri povezovanju posameznih celic in ogrodij. Tako je vsak postroj priključen na zbirni ozemljilni vod na enem mestu. Kovinska konstrukcija celice služi kot ozemljilni vod zaščitne ozemljitve, ker so posamezni elementi med seboj varjeni ali spojeni z že omenjenimi vijačnimi zvezami. Presek teh elementov je ekvivalenten najmanjšemu preseku ozemljilnega voda,
- z vijaki in maticami M12 , betoniranimi v talno ploščo so z bakreno vrvjo povezani še kotel energetskega transformatorja , nosilci transformatorjev, ogrodja NN razvoda in vrata,
- matica M 12, pod talno ploščo stikališča se poveže z zunanjim potencialnim obročem s trakom Fe/Zn preko razstavljivega spoja v kabelskem prostoru,
- vse nosilne konstrukcije električnih naprav v NN in SN postroju, transformator ter drugi kovinski deli so povezani s skupnim ozemljitvenim vodom zaščitne ozemljitve, ki se poveže z zunanjo ozemljitvijo,
- za zaščitni vod in povezavo se uporabi izoliran (rumeno-zelen) Cu vodnik H07V-K $1 \times 35 \text{ mm}^2$,
- transformator ozemljimo diagonalno z vodnikom H07V-K $1 \times 35 \text{ mm}^2$ (rumeno zelena) ali valjancem FeZn $4 \times 25 \text{ mm}$, kjer imamo dve povezavi ne glede na velikost T_r ,
- kotel transformatorja povežemo s pokrovom transformatorja z vodnikom H07V-K $1 \times 35 \text{ mm}^2$ (rumeno zelena) kar služi kot rezervna povezava,
- vse ostale kovinske dele (SN, NN postroj, police, okna, vrata,...) se poveže z vodnikom H07V-K $1 \times 16 \text{ mm}^2$,
- SN in NN KB se ozemljijo glede na velikost preseka ekrana posameznega kabla, kjer se ozemljitev izvede minimalno s takšnim presekom, kot je ekran posameznega kabla,
- če se pojavi zaradi zemeljskega toka večje napetosti na ozemljilu od dovoljenih, izvedemo v postaji in okrog nje ukrepe za zmanjšanje napetosti dotika (v postaji z obvezno preprogo iz gume ali drugega izolacijskega materiala, zunaj s potencialnim obročem, posutjem s prodrom in asfaltiranjem,
- ozemljitev je potrebno obdelati v projektantskih popisih in tehničnem opisu, lahko pa se obdelata tudi posebna situacija TP, kjer so vrisane samo ozemljitve.



Slika 3: Priklop na zaščitno ozemljitev TP z ozemljilnim obročem znotraj TP.



Slika 4: Priklop na zaščitno ozemljitev TP preko izenačevalne zbiranke - radialno

Zunanja zaščitna ozemljitev v TP

Notranja zaščitna ozemljitev se poveže preko merilnih členov z zunanjo potencialno ozemljitvijo vsaj na dveh mestih. V kolikor proizvajalec TP ne predvidi drugače, se ozemljitev okoli postaje izvedejo z najmanj dvema potencialna obročja kot nakazuje Dodatek C: Tloris gradbene jame z ozemljitvami.

Obročja se povežeta s štirimi kraki, ki se jih po potrebi podaljša. Od drugega potencialnega obroča navzven je položen ostanek celotne dolžine pocinkanega valjanca, ki je izračunana za zaščitno ozemljitev pri TP. Ozemljitev se izvede s pocinkanim valjancem FeZn 4×25 mm. V zemlji bodo spoji valjanca izvedeni vijačno s križnimi vroče cinkanimi sponkami. Spoji bodo pred korozijo zaščiteni s premazi kot npr. katran, bitumen ali pa zaliti s tekočo maso. Prehodi ozemljilnega vodnika v zemljo mora biti zaščiten pred korozijo z ustreznem premazom ali z izolacijsko cevjo ±0,3 m nad in pod nivojem zemlje.

5.4.3.5.2 OBRATOVALNA OZEMLJITEV

To je ozemljitev kovinskih delov, ki pripadajo električnemu tokokrogu, in sicer:

- nevtralne točke transformatorjev (direktna ali indirektna),
- VN navitje NMT,
- N ali PEN vodnika,
- kondenzatorjev in usmernikov,
- sponke s1 na NN TMT.

Nevtralno točko transformatorja lahko povežemo skupaj z zaščitno ozemljitvijo in dobimo združeno ozemljitev, lahko pa jo ozemljimo ločeno in dobimo ločeno ozemljitev. Kadar so izpolnjeni pogoji za izvedbo združene ozemljitve, se na zaščitno ozemljitev transformatorske postaje PE zbiralka) priključi nevtralni vodnik (N zbiralka).

5.4.3.6 ZAŠČITA PRED POSREDNIM DOTIKOM

Zaradi nevarnosti previsoke napetosti dotika morajo biti vsi kovinski deli TP, ki v normalnem obratovanju niso pod napetostjo lahko pa v primeru okvare pridejo, medsebojno povezani z zaščitnimi vodniki, vijaki in zobčastimi podložkami ter preko ločilnega merilnega mesta priključeni na zaščitno ozemljitev objekta. Ozemljeni so tudi vsi nosilci, žaluzije in vrata, kakor tudi jeklena armatura posameznih betonskih elementov. Zaščitna ozemljitev objekta mora biti del projekta gradnje TP. Ozemljitvena upornost ozemljila mora biti glede na dejansko specifično upornost tal in pričakovani tok zemeljskega stika takšna, da napetost dotika in koraka ne smeta preseči iznad vrednosti, ki so določene v predpisih.

Na NN strani je predviden sistem ozemljitve TN-C. Zaščita pred posrednim dotikom je izvedena s samodejnim izklopom napajanja.

5.4.3.7 STRELOVODNA ZAŠČITA

Strelovodna zaščita za transformatorske postaje je pomembna, ker lahko ob udaru strele nastane velika premoženjska škoda in izpad napajanja z električno energijo. Direktni ali indirektni udar strele v transformatorsko postajo ali vod lahko poškodujeta transformator in opremo. Pri odjemalcih lahko direktni ali indirektni udar strele v vod povzroči poškodbe električne instalacije in priključenih električnih naprav.

Glede na zahteve pravilnika [2.1.9] ter pravilnika [2.1.14], se izdelava ocena tveganja pred udarom strele v stavbe in na podlagi te ocene odloči o potrebnem nivoju sistema zaščite objekta pred strelo.

Pravilnik določa, da morajo biti vse manj zahtevne in zahtevne stavbe opremljene s sistemom zaščite pred strelo z zaščitnim nivojem najmanj IV. stopnje. MTP spadajo v manj zahtevne objekte, zato je potrebno izračunati riziko R za vsako pomembno škodo in ta skupni R mora biti $<$ ali $= R_t$ (sprejemljivi riziko).

Glede na rezultate izračuna rizika za kompaktne in betonske postaje, ki ga je izvedel prof.dr. Jože Pihler, Univerza Maribor in objavil v reviji ER 4/2011, znaša skupni riziko udara strele $1,999 \cdot 10^{-4}$, kar je manj kot zahteva tolerančni riziko $1 \cdot 10^{-3}$ (po [2.2.21]). Glede na člen 2.4.6, ki pravi, če je $R <$ ali $= R_t$ zaščita pred strelo za KTP ni potrebna. Ta izračun je bil izveden na osnovi naslednjih osnovnih vhodnih podatkov in sicer:

- višina: 2,60 m,
- gostota udarov strele 4 /km²/leto,
- umestitev v prostor: $C_d=1$,
- okolje okoli zgradbe: $C_e=1$,
- ter faktorji za zemljo in požarna tveganja.

Strelovodna zaščita (zunanj del) se ne uporablja, za kompaktne in betonske kabelske postaje v urbanih področjih z gostoto strel do 5 st/km²/leto.

Na področjih z nad 5 st/km²/leto ter na izpostavljenih odprtih terenih z nadmorsko višino nad 600 m je potrebno izvesti strelovodno zaščito (zunanj in notranjo), torej izvesti je potrebno izenačitev potencialov vseh kovinskih delov, komandnih napeljav, instalacijskih napeljav, zunanjih prevodnih delov. Izvesti je potrebno zaščito pred napetostjo dotika s potencialnimi obroči in povezavo z notranjim zaščitnim sistemom ter učinkovitim ozemljilnim sistemom, ki bo razpršil tok strele ter omogočil zmanjševanje potencialnih razlik vse po pravilniku [2.1.9] ter pravilnika [2.1.14] s prilogami.

5.4.3.8 PRENAPETOSTNA ZAŠČITA

Zaščita pred prenapetostmi bo izvedena s SN in NN odvodniki prenapetosti. Srednje napetostni odvodniki prenapetosti razreda 1 bodo nameščeni:

- na prehodih nadzemnih vodov v kablovode,
- na vseh tipih stebernih postaj reda 20/0,4 kV,
- v eni od vodnih celic stikališč v distribucijskih končnih TP (n.pr. SN stikalni blok Vz op Tr),
- v mestnih kabelskih mrežah samo na končnih transformatorskih postajah oziroma tam kjer se zanke spajajo,
- v vodnih celicah SN stikalnih blokov tipa RMU.

Odvodniki morajo biti izbrani na osnovi podanih parametrov obratovanja dotičnega SN omrežja. Konektorski odvodniki morajo biti potrjeni s strani proizvajalca kabelskih konektorjev.

Na NN strani bo prenapetostno varovanje izvedeno s prenapetostnimi odvodniki, ki se vgradijo na nizkonapetostno ploščo. Za primer odpovedi (kratek stik) NN odvodnikov prenapetosti in lažjo zamenjavo, se odvodniki priključijo preko VVL/160 z varovalnimi vložki po navodilih proizvajalca odvodnikov (npr. 160 A).



Slika 5: Primeri izvedbe MTP: z ravno streho (levo) in poševno streho (desno)

Podrobneje so zahteve za MTP podane v GIZ TS-15 Smernica za gradnjo montažnih transformatorskih postaj 20/0,4 kV.

5.5 ELEKTRIČNE ZAHTEVE TRANSFORMATORSKIH POSTAJ

Transformatorska postaja mora izpolnjevati naslednje tehnične kriterije obratovanja omrežja:

Tabela 4: Tehnični kriteriji za gradnjo in obratovanje TP

Nazivna napetost transformacije TP	:	20.000 V $\pm$ 5 % 400/231 V $\pm$ 10 %
Maksimalna moč kratkega stika	:	500 MVA na SN zbiralkah
Klimatski pogoji	:	-25 do +40° C, do 1000 m nadmorske višine
Nazivna moč vgrajenih transformatorjev	:	od 35 do 1000 kVA
Nazivni tok glavnih zbiralk	SN:	630 A
	NN:	do 630 kVA -1250 A ali do 1000 kVA - 1600 A
Nazivni tok odvodov	SN:	630 A
	NN:	400 ali 630 A
Nazivni temenski (udarni) zdržni tok	SN:	40 kA
	NN:	36 kA
Nazivni kratkotrajni (termični) zdržni tok 1s	SN:	16 kA/1s
	NN:	do 1250A-25 kA/1s, za 1600A- 40 kA
Konfiguracija SN stikalnih blokov	osnovna:	SNB/P 24 VzVzT (plinski), SNB/T 24 VzVzT ali
	merilna:	SNB/T VzVzVzMT
Kabelski izvodi 0,4 kV	:	do 12 nizkonapetostnih izvodov 400 A
Oprema je dimenzionirana glede na vrednost 3p KS tokov		
- na zbiralkah	10 in 20 kV:	16 kA (500 MVA)
- na zbiralkah	0,4 kV:	14 kA (18 MVA)
Temperaturni razred opreme	:	10
Odpornost na udarce	:	IK10
Potresna odpornost	:	8 stopnje
Mehanska zaščita	SN:	IP 64 (glavni tokokrog)
		IP 2X (pogonski mehanizem)
		IP 3X (kabelski prostor)
	NN:	IP 2X (NN razdelilnik)
	CELA TP	IP 43
Kabelski dovod	SN:	skladno s TS-1, TS-3, TS-10
NN odvodi	NN:	Skladno s TS-2
Max. nivo magnetnega polja		91,23 μ T
Max. nivo električnega polja		9 V/m
Max. nivo parcialnih praznitev pri 24 kV		9 pC
Nivo hrupa		<50 dB

6 VPLIV NA OKOLJE TER VARNOST IN ZDRAVJE PRI DELU

Vpliv TP na okolje obravnavamo kot vplivno območje postaje na okolje. Le to delimo na vplivno območje v času gradnje in vplivno območje v času delovanja oziroma obratovanja.

6.1 VPLIV NA OKOLJE V ČASU GRADNJE

6.1.1 TLA, VODE

Vplivno območje predstavlja tlorisna dimenzija postaje, pripadajočih kabelskih jaškov oziroma kinet ob njej ter potencialnih obročev okrog nje, ki se zaradi uporabe gradbene mehanizacije ter dostopa do lokacije določi v gabaritih strojev, kar pomeni, da vplivno območje sega 4 m izven tlorisa ohišja postaje in 1,85 m v višino. Izkopani material se začasno deponira na območju med ohišjem postaje in robom vplivnega območja.

Deponija instalacijskega materiala (beton, armature, les za opaž, ...) se nahaja izven vplivnega območja, material pa se do mesta vgradnje dovaža preko vplivnega območja, prav tako se po vplivnem območju izvaja zasip ter končna ureditev okolice do vzpostavitve v prvotno stanje.

Vplivi na tla se kažejo ob gradnji pri izkopu, ko se poseže v naravno raščeno strukturo, ki se sicer med ohišjem postaje in robom vplivnega območja utrdi ter vzpostavi v prvotno stanje. Vpliv predstavlja tudi mehaniziran način gradnje, ki lahko onesnaži zemljinjo z gorivom, mazivi in ostalimi produkti, kar mora z ustrezno izbiro mehanizacije preprečiti izvajalec del. Če do izlitja kljub temu pride, naj se onesnažena zemljina takoj odstrani in ustrezno embalira.

Pri sami gradnji se ne pričakuje povečanega hrupa. Rastlinski in živalski biotop bo prizadet le v območju vplivnega območja gradnje.

6.1.2 ZRAK IN ZDRAVJE LJUDI

Vplivi na zrak so zanemarljivi, saj mora moderna gradbena mehanizacija zagotavljati predpisane imisijske in emisijske parametre za naravno okolje.

Izkopi za TP in kabelske jaške oziroma kinete morajo biti zavarovani pred padci oseb, ki so prisotne ali imajo dostop do vplivnega območja.

6.1.3 SOSEDNJI OBJEKTI

Gradnja razen dovoljenega nivoja hrupa in dovoljenih predpisanih imisij ter emisij ne bo imela vpliva na sosednje objekte.

6.2 VPLIV NA OKOLJE V ČASU DELOVANJA OZIROMA OBRATOVANJA

6.2.1 TLA, VODE

Vplivno območje predstavlja tlorisna dimenzija postaje, pripadajočih kabelskih jaškov oziroma kinet ob njej ter potencialnih obročev okrog nje, kar je potrebno sprotno vzdrževati in po potrebi odpravljati napake. V teh primerih je vplivno območje postaje enako kot v času gradnje, kar omogoča dostop gradbeni mehanizaciji in opremi reprodukcijskega materiala.

V transformatorski postaji je vgrajena transformatorska enota z biorazgradljivim hladilnim sredstvom (okolju prijazen dielektrik). V slučaju izlitja le-tega se bo to zadržalo v oljetesnem tipsko preizkušenem betonskem ali pločevinastem koritu.

Ob upoštevanju navedenih zaščitnih ukrepov transformatorska enota v transformatorski postaji ne bo vplivala na tla, vode in naravno okolje.

6.2.2 ZRAK, ZDRAVJE LJUDI IN SOSEDNJI OBJEKTI

6.2.2.1 ELEKTROMAGNETNO SEVANJE

Za oceno vpliva neioniziranih elektromagnetnih sevanj TP predpostavimo najstrožje pogoje glede sevalnih obremenitev človeka in okolja in sicer, da se glede na [2.1.14] TP nahaja v I. območju naravnega in življenjskega okolja oziroma najstrožje zahteve glede sevalnih obremenitev zaposlenih in delovnega okolja in sicer, da glede na mednarodna priporočila ICNIRP [2.3.1] pri oceni uporabimo dopustne mejne vrednosti, ki veljajo za splošno izpostavljenost.

❑ **Uredba o EMS v naravnem in življenjskem okolju določa I. in II. Stopnjo varstva pred EMS glede na občutljivost posameznih območij naravnega in življenjskega okolja za učinke elektromagnetnega polja, ki jih povzročajo viri sevanja:**

- stopnja velja za I. območje, ki potrebuje povečano varstvo pred sevanjem (bolnišnice, zdravilišča, šole, vrtci, bivalno okolje, ...),
- II. stopnja velja za II. območje, kjer je dopusten poseg v okolje, ki je zaradi sevanja bolj moteč (nebivalno okolje, industrija, obrt, skladišča, ...).

Vrednosti so določene kot največje dovoljene sevalne obremenitve pri trajni izpostavljenosti novim nizkofrekvenčnim virom EMS omrežne frekvence 50 Hz.

❑ **S stališča presoje, ki jih narekuje uredba, opredelimo v postaji naslednje elemente, ki so predmet obravnave:**

- 20 kV podzemni dovodi in odvodi,
- SN stikalni blok
- transformator,
- NN razdelilna plošča oz. NN stikalni blok,

Na podlagi izmerjenih vrednosti za tipske transformatorske postaje ugotovimo, da nikjer v naravnem in življenjskem okolju na človeku dostopnih mestih v neposredni bližini obravnavanega tipa tipske transformatorske postaje mejne vrednosti za I. vplivno območje za nove nizkofrekvenčne vire EMS ($E = 500 \text{ V/m}$, $B = 10 \mu\text{T}$) glede na določila uredbe o elektromagnetnem sevanju v naravnem in življenjskem okolju niso presežene. Vplivno območje tako ne sega izven ohišja TP.

Glede na mednarodna priporočila za elektromagnetna sevanja ICNIRP so nivoji električnega in magnetnega polja v neposredni bližini obravnavanega tipa tipske transformatorske postaje, kjer se pri opravljanju svojih delovnih nalog lahko nahajajo zaposleni, nizki oziroma zanemarljivi. Zato glede učinkov na človeka tudi niso potrebni kakršnikoli ukrepi za zmanjševanje nivojev sevanja. Vplivno območje tako ne sega izven ohišja TP.

Tabela 5: Mejne ravni EM sevanja glede na območja naravnega ali življenjskega okolja

Območje naravnega ali življenjskega okolja	Mjerne ravni sevanja	
	E [V/m]	B [μT]
II. območje	500	10
I. območje	10.000	100

E - efektivna vrednost električne poljske jakosti

B - efektivna vrednost gostote magnetnega pretoka

6.2.2.2 HRUP

Hrup, ki ga povzroča transformatorska postaja je znotraj meja, ki jih določajo [2.1.15], [2.1.16], [2.1.17] in [2.1.18]. Vir hrupa v transformatorski postaji povzroča vgrajen transformator, tako da postaja na zunaj predstavlja točkast vir hrupa. V tipskih betonskih in pločevinastih kompaktnih transformatorskih postajah širjenje zvoka preprečujejo stene. Raven hrupa je največja na straneh, kjer se nahajajo žaluzije za ventilacijo in sicer na oddaljenosti 3,5 m od TP in na višini 1 m nad tlemi, vendar so še te najvišje vrednosti v predpisanih mejah. Vplivno območje ne sega izven ohišja kompaktne transformatorske postaje.

Tabela 6: Mejne ravni hrupa glede na območja naravnega ali življenjskega okolja

Območje naravnega ali življenjskega okolja	Mjerne ravni za vir hrupa (dBA)	
	Nočna raven L_n	Dnevna raven L_d
IV. območje	65	75
III. območje	50	60
II. območje	45	55
I. območje	40	50

6.2.2.3 SMERNICE ZA VARSTVO OKOLJA PRED HRUPOM PRI NAČRTOVANJU NOVIH IN PRI REKONSTRUKCIJI OBSTOJEČIH TP

Projektirati je potrebno TP na naslednji na način, da nove TP:

- Ne bodo prekomerno obremenjevale okolja s hrupom in
- Da ne bodo zavezanci za obratovalni monitoring hrupa.

V prvem primeru obremenitev s hrupom zaradi obratovanja TP na mestu ocenjevanja ne sme presegati 48 v drugem 42 dB.

Za doseg tega cilja je pri načrtovanju novih distribucijskih TP glede a izsledke študije v povprečju treba upoštevati naslednje najmanjše odmike TP od stavb z varovanimi prostori oz. od mesta ocenjevanja:

Tabela 7: Tabela najmanjših odmikov TP od stavb

Št.	Vrsta transformatorja	Vrsta TP	Moč TP [kVA]	Oddaljenost 1* [m]	Oddaljenost 2** [m]
1	oljni	vse TP	<630	0,9	1,8
2	oljni	vse TP	=630	1,2	2,3
3	oljni	vse TP	>630	1,3	2,6
4	oljni	vse TP	neglede na moč TP	5,8	11,6

Oddaljenost TP od mesta ocenjevanja hrupa se nanaša na razdaljo med prezračevalno odprtino (rešetko) TP in mestom ocenjevanja hrupa. Mesto ocenjevanja hrupa je skladno s standardom [2.2.20] pred oknom najbližjega prostora.

V vsakem primeru je treba pri načrtovanju TP, ki so locirane v bližini stavb z varovanimi prostori upoštevati podatke proizvajalca o zvočni moči nameščenih transformatorjev. Ne glede na upoštevanje navedenih omejitev o oddaljenosti TP od mesta ocenjevanja hrupa je pri načrtovanju novih ali rekonstrukciji obstoječih TP, lociranih v samostojnih objektih ali v ločenih prostorih večjih stavb treba predvideti prezračevalne rešetke in odprtine na stenah, ki niso orientirane proti najbližjim stavbam z varovanimi prostori, ali so od njih najbolj oddaljene.

6.2.2.4 SENCA

Tipska kompaktna ali montažna TP glede na svoje tlorisne in višinske gabarite vsakega 15. dne v marcu, juniju, septembru in decembru ob 9. in 15. uri ne bo povzročala sence izven svojega vplivnega območja in tako ne bo vplivala na sosednje objekte.

6.2.2.5 VARSTVENA PRAVILA

Posluževanje in dela na elektroenergetskih napravah VPD

V smislu preprečevanja nesreč pri delu in zagotavljanja varnega dela so delavci dolžni upoštevati predpisana varstvena pravila za delo na elektroenergetskih napravah. Posluževanje in vzdrževanje transformatorske postaje lahko opravljajo samo za to strokovno usposobljene osebe s pooblastilom.

- Pooblastilo I in II velja za dela na vseh napetostnih nivojih,
- pooblastilo III velja za delo na nizki napetosti,
- pooblastilo IV pa za dela pod stalnim nadzorom.

Pri delih v transformatorski postaji morata delo opravljati najmanj dve osebi, od tega mora biti ena oseba pooblaščen oz. odgovorna za delo.

Pri vzdrževanju in posluževanju transformatorske postaje je obvezna uporaba predpisane zaščitne opreme, orodja in predpisanih osebnih zaščitnih sredstev. Obiskovalci elektroenergetskih postrojov morajo med obiskom nositi izolirno čelado.

Vsa vzdrževalna dela in remonte se lahko izvaja samo na podlagi dokumentov za varno delo (delovni program, delovni nalog, dovoljenje za delo). Dela v III. nevarnostnem območju se lahko vršijo šele, ko so bili zagotovljeni vsi varnostni ukrepi za zagotovitev breznapetostnega stanja ("5 zlatih pravil"):

- izklop naprave (vseh polov z vseh strani),
- zavarovanje pred ponovnim vklopom naprave,

* oddaljenost nad katero za konkretno TP niso potrebni ukrepi za zmanjšanje emisije hrupa

** oddaljenost, nad katero za konkretno TP ni potreben obratovalni monitoring hrupa

- preizkus breznapetostnega stanja,
- ozemljitev ter kratkosklenitev naprave in
- zavarovanje delovišča (prekritje ali ograditev delov, ki so ostali pod napetostjo).

Vsa dela pod napetostjo na SN delu so prepovedana, na NN pa dovoljena pod določenimi pogoji, ki so določeni z varnostnimi predpisi in navodilo na delih DPN.

Upravljanje in gibanje v TP

V skladu z varnostnimi pravili za delo na elektroenergetskih postrojih GIZ DEE.

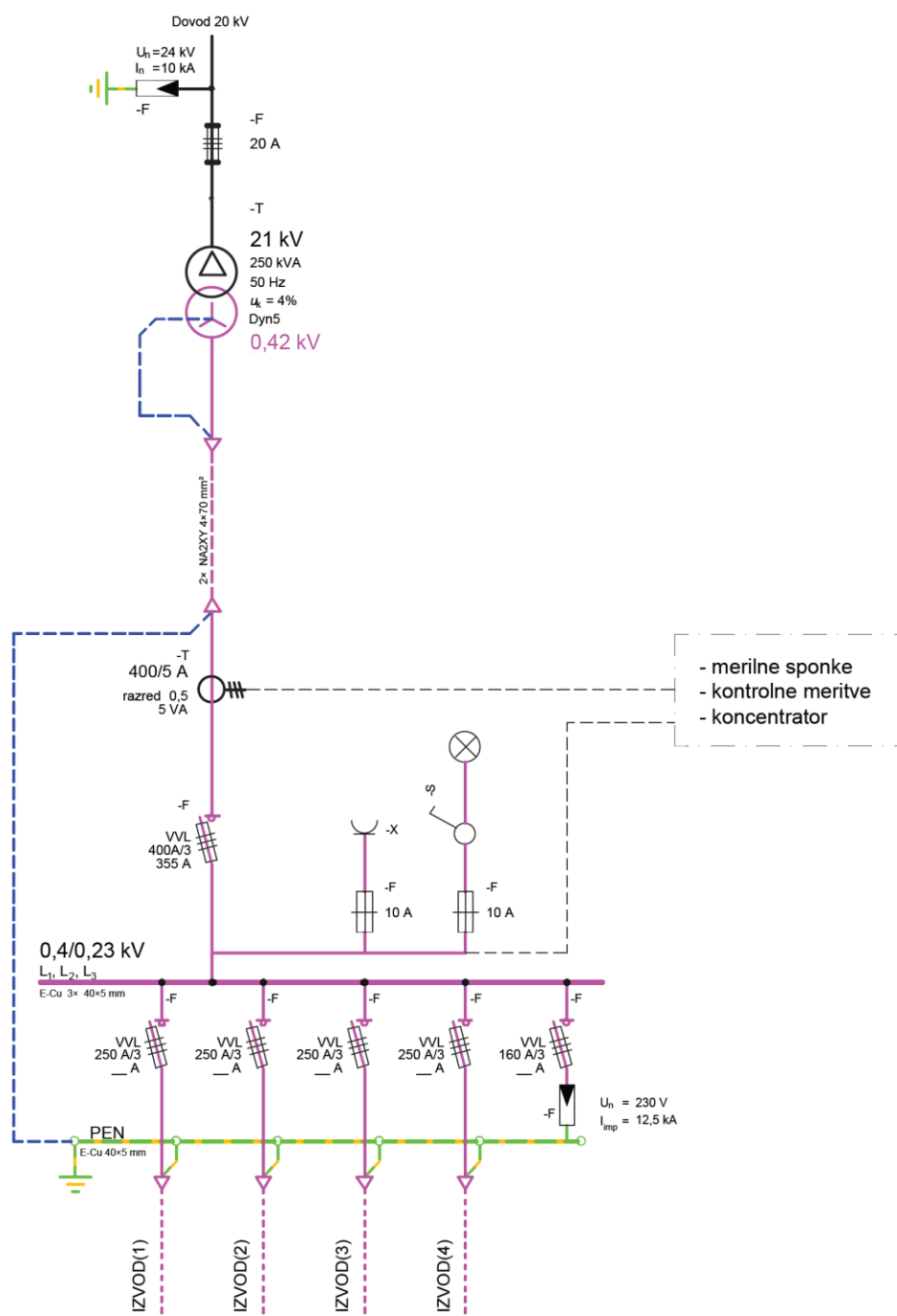
7 DODATKI

DODATEK A: ENOPOLNE SCHEME TP

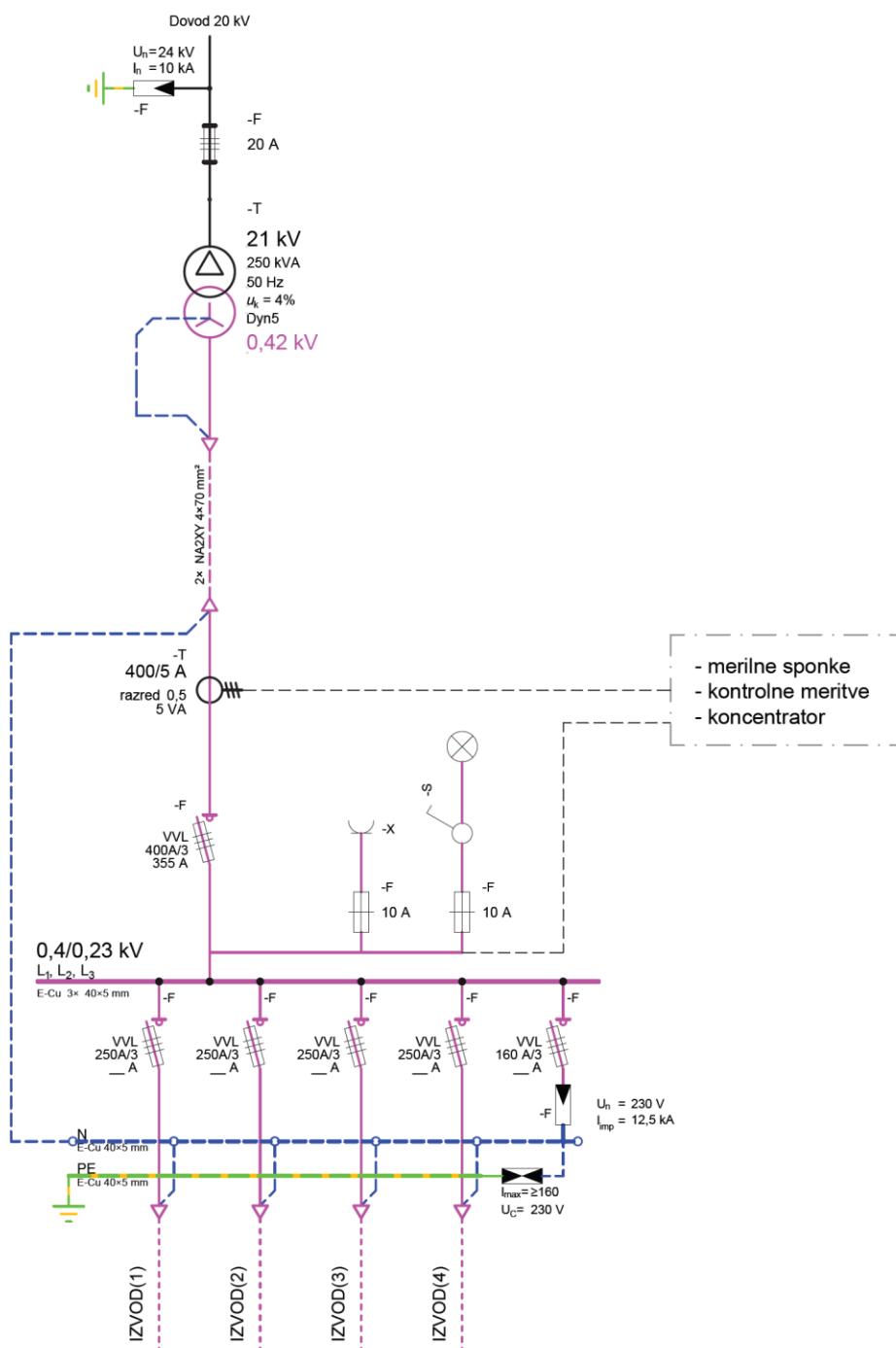
Enopolne sheme predstavljajo osnovno energetska slika TP. Dejanska opremljenost TP se določa skladno s potrebami mesta vgradnje in zapisom te smernice. Sheme so zaradi preglednosti izdelane za transformacijo SN/NN 20/0,4 kV in z osnovno NN opremo. Sheme se ob upoštevanju lastnosti SN opreme za priklop in transformacijo 10/0,4 kV uporabijo tudi za priklop na 10 kV SN nivo.

OPOMBA:

Namestitvev SN odvodnikov prenapetosti je prikazana načelno in je odvisna od normalnega načina obratovanja oziroma drugih predvidenih obratovalnih stanj TP vključene v zanki. Opremljenost posameznih SN dovodov/izvodov z odvodniki prenapetosti se usklajeno z ostalimi službami v distribucijskem podjetju poda in potrdi v projektni nalogi.

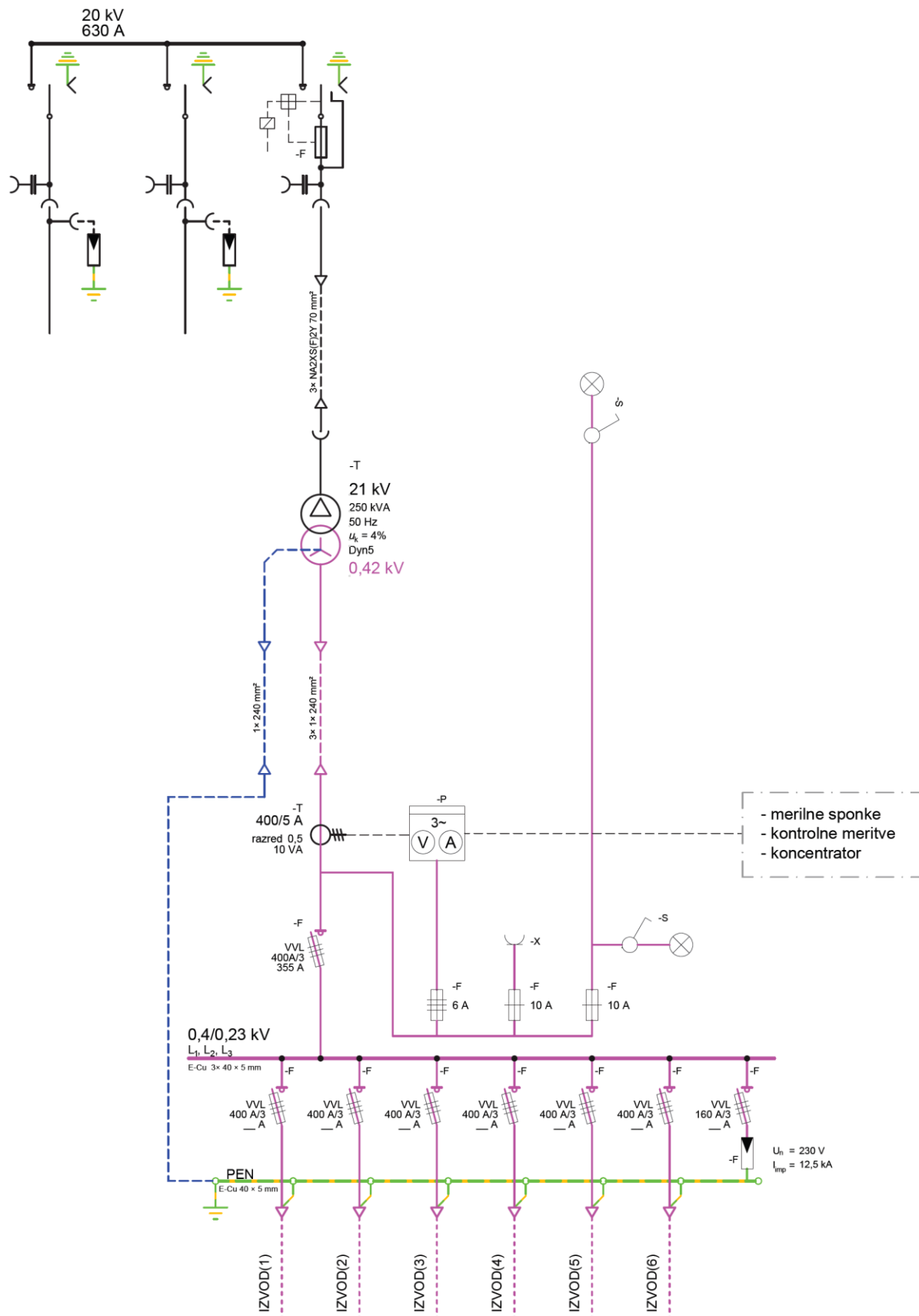


Shema 1: ES TB250 za TN ozemljilni sistem



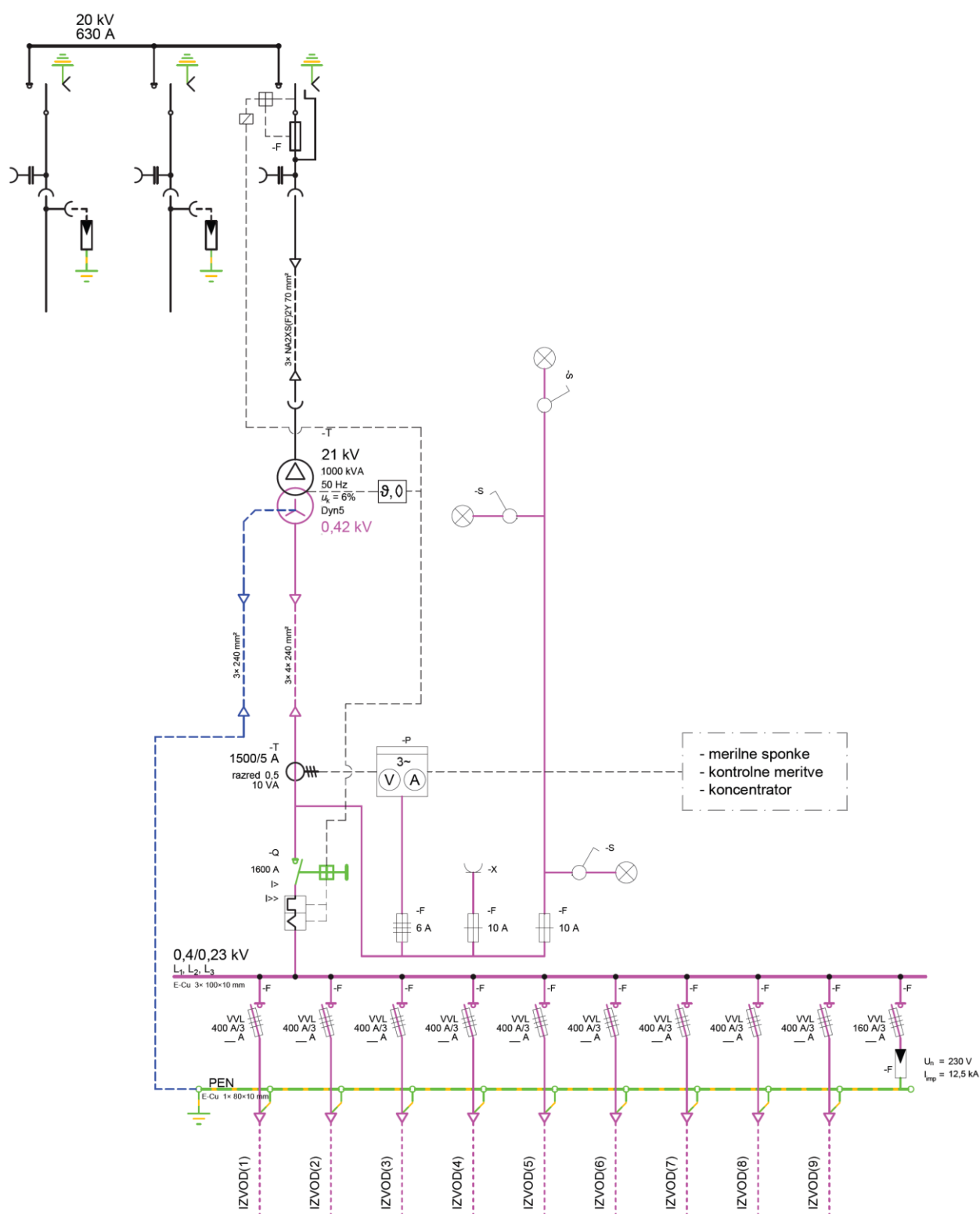
Shema 2: ES TB250 za TT ozemljilni sistem





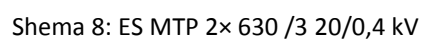
Shema 4: ES KTP 250 /3 20/0,4 kV

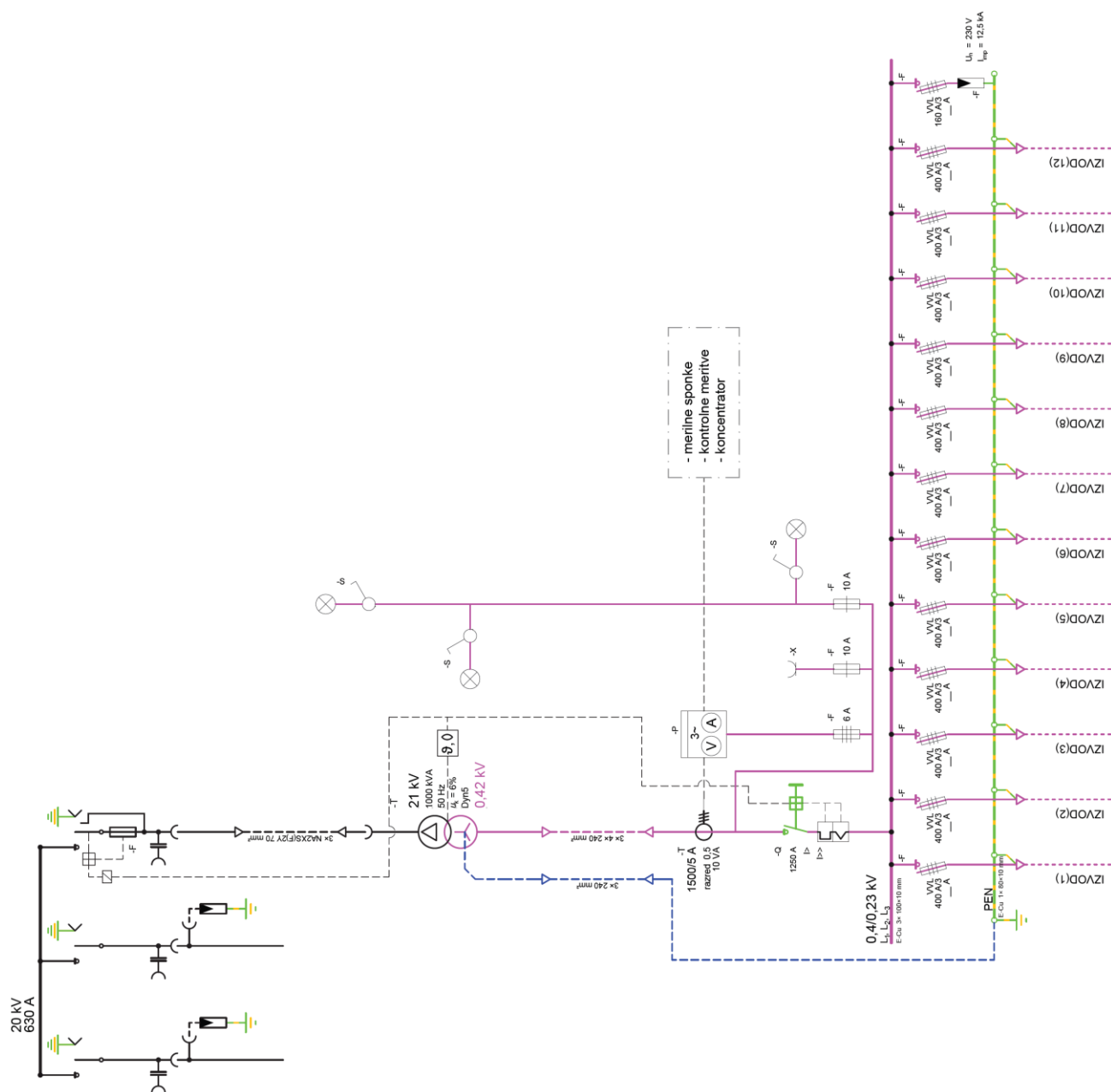




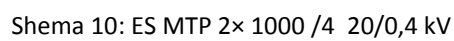
Shema 6: ES KTP 1000 /3 20/0,4 kV

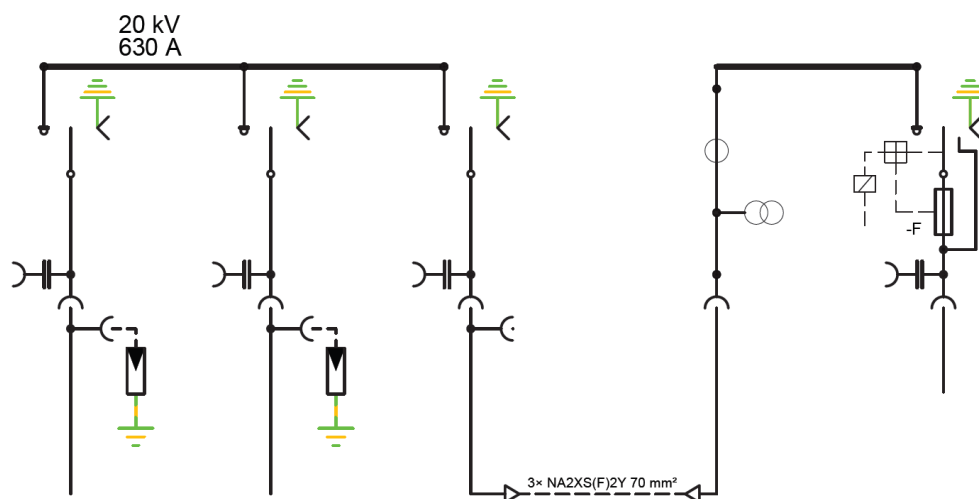




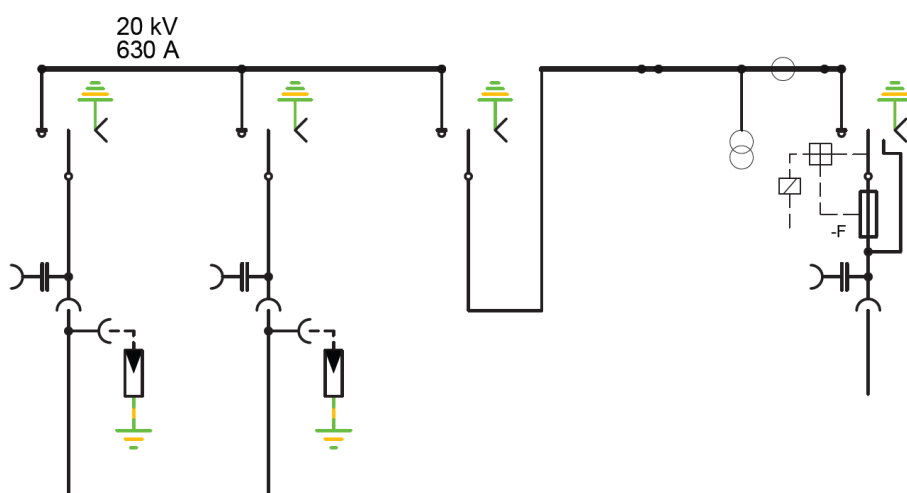


Shema 9: ES MTP 1000 /3 20/0,4 kV





Shema 11: ES priklopa merilne celice (priporočena)



Shema 12: ES priklopa merilne celice

Tabela 8: Pregled presekov povezovalnih kablov in zbiralk glede na moč in vrsto TP

Transformator				Tip TP	NN povezava Tr - NN razdelilnik		Zbiranke E-Cu		Meritve
S_{Tr} [kVA]	prestava [kV]	vezava	u_k [%]	izvedba	L_1, L_2, L_3 [mm²]	N [mm²]	L_1, L_2, L_3 [mm]	PEN [mm]	TT, kl. 0,5 [prestava]
20	21/0,42	Yzn5	4	STEBERNA	NAYY 4×35		40×5	40×5	40/5
35		Yzn5	4		NAYY 4×35				60/5
50		Yzn5	4		NA2XY 4×70				100/5
100		Yzn5	4		NA2XY 4×70				150/5
160		Yzn5	4		2× NA2XY 4×70				250/5
250		Dyn5	4		2× NA2XY 4×70				400/5
50	21/0,42	Yzn5	4	KTP	1×Cu 240	1×Cu 240	40×5	40×5	100/5
100		Yzn5	4		1×Cu 240	1×Cu 240			150/5
160		Yzn5	4		1×Cu 240	1×Cu 240			250/5
250		Dyn5	4		1×Cu 240	1×Cu 240			400/5
400		Dyn5	4		2×Cu 240	2×Cu 240	80×10	60×10	600/5
630		Dyn5	4		3×Cu 240	2×Cu 240	80×10	60×10	1000/5
1000		Dyn5	6		4×Cu 240	3×Cu 240	100×10	80×10	1500/5
250	21/0,42	Dyn5	4	MTP	1×Cu 240	1×Cu 240	80×10	60×10	400/5
400		Dyn5	4		2×Cu 240	2×Cu 240	80×10	60×10	600/5
630		Dyn5	4		3×Cu 240	2×Cu 240	80×10	60×10	1000/5
1000		Dyn5	6		4×Cu 240	3×Cu 240	100×10	80×10	1500/5

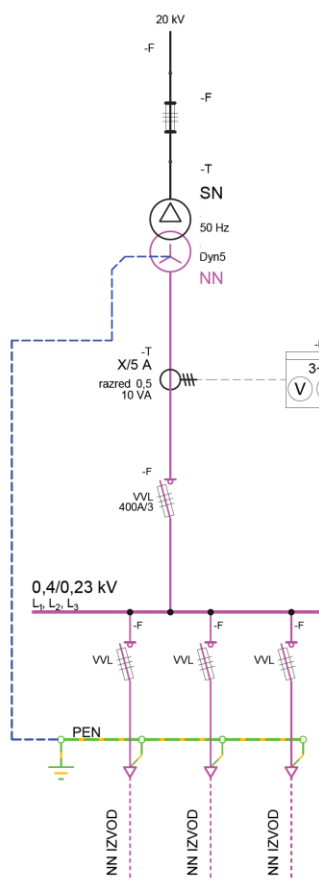
V primeru KTP do 250 kVA se med Tr in NN razdelilno ploščo izvede kabske povezave, ki ustrezajo nazivni moči ohišja TP neglede na moč vgrajenega transformatorja.

V MTP se uporabljajo NN bremenska stikala ali odklopniki za dve nazivni vrednosti tokov 1250 A in 1600 A. Zbiranke so dimenzionirane za priključitev in obratovanje z največjo močjo vgrajenega transformatorja.

Zbiranke v tabeli za KTP in MTP so podane na podlagi dosedanjih vrednosti zbiralk temelječih na nazivnih vrednosti tokov dobavljene in vgrajene opreme za nazivne toke 1250 A in 1600 A, ki so z dokumentacijo in testi dokazovale ustreznost izvedbe. V kolikor se zbiralni sistem izvaja izven obsega certificirane opreme se za dimenzioniranje zbiralk uporabi standard DIN 43671 za 35°C/65°.

DODATEK B: VAROVANJE TRANSFORMATORJEV

VAROVANJE TRANSFORMATORJEV S SN IN NV VAROVALKAMI (ZA MOČI OD 50 DO 250 kVA)



Uporaba: Pri vseh kompaktnih KTP do 250 kVA.

Zaradi selektivnosti odklopa NN izvoda TP mora biti najvišja dopustna velikost NN varovalke na izvodu TP vsaj za dve stopnji nižja od velikosti glavne NN varovalke (NN dovod iz sekundarne strani transformatorja).

Na območjih z vrsto odjema, kjer ni pričakovati na letni ravni več kot 2500 obratovalnih ur, je dopustno varovati transformatorje na strani nizke napetosti:

Tabela 9: Varovanje Tr kjer je letna raven obratovanja manjša od 2500 ur

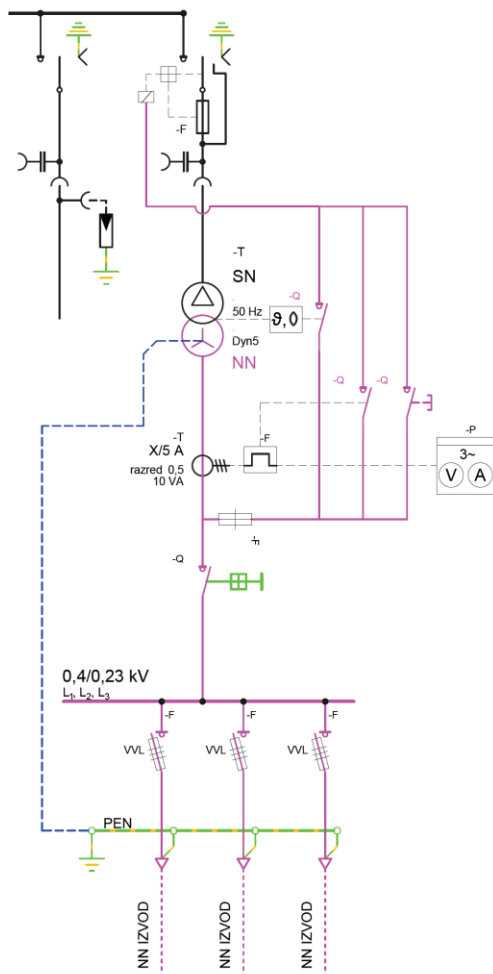
Moč Transformatorja [kVA]	Nazivni tok NN dovodne varovalke [A]
50	80
100	160

Shema 13: Shema varovanja Tr od 20 do 250 kVA

Tabela 10: SN in NN varovalke za varovanje transformatorjev (v skladu z DES, Navodilo zv. št. 56 in ETI priročnikom 2012)

Moč [kVA]	Ip (20 kV) [A]	Vklonni tok [A]	Primarna napetost		Sekundarna napetost 400/230 V GLAVNE VAROVALKE [A]
			10 kV Nazivni tok SN varovalk In [A] I _{max}	20 kV I _{min} , I _{max}	
50	1	18	10	6	63 ali 80
100	3	35	16	10	125
160	5	55	25	16	200
250	7	86	40	20	315 ali 355

VAROVANJE TRANSFORMATORJEV Z BIMETALNIM RELEJEM V POVEZAVI Z BREMSKIM STIKALOM ZA Tr OD 400 DO 630 kVA



Bimetalni rele varuje transformator pred preobremenitvijo. Rele meri sekundarni tok transformatorja preko tokovnika, v primeru prevelike preobremenitve, pa deluje na izklop bremenskega stikala na SN strani (slika levo).

Primarne, SN varovalke varujejo transformator pred kratkimi stiki in morajo v primeru kratkega stika na NN zbiralkah pregoreti pred delovanjem bimetalnega releja.

Najvišjo vrednost NN varovalke na izvodu iz TP podaja Tabela 11.

V primeru kratkega stika na NN izvodu iz TP mora pregoreti varovalka na NN izvodu, SN varovalka pri tem ne sme pregoreti.

V spodnji tabeli so določene potrebne nastavitve bimetalnih relejev TRB 14/5,5 -7) določene velikosti VN varovalk in najvišje dopustne velikosti NN varovalk na izvodu iz TP za transformatorje moči 400 in 630 kVA in za 100 % in 130 % obremenitev.

Shema 14: Shema varovanja Tr od 400 do 630 kVA

Tabela 11: Nastavitve bimetalnih relejev potrebne velikosti SN varovalk in najvišje dopustne velikosti NN izvodnih varovalk na izvodu iz TP

Nazivna moč Tr [kVA]	I_n [A]	VN varovalka max		Najvišja dopustna NV varov. izvoda iz TP [A]	Prestava tokovnika [A]/[A]	Dopustna preobremenitev transformatorja (xS_N)			Nastavitev bimetalnega releja TRB14 10/4,5 – 7,0		
		10 kV [A]	20 kV [A]			100%	130%		OBREMENITEV		
400	12	40	20	400	600/5=120	100	130		100%	130%	
630	18	50	32	500	1000/5=200	100	130		100%	130%	

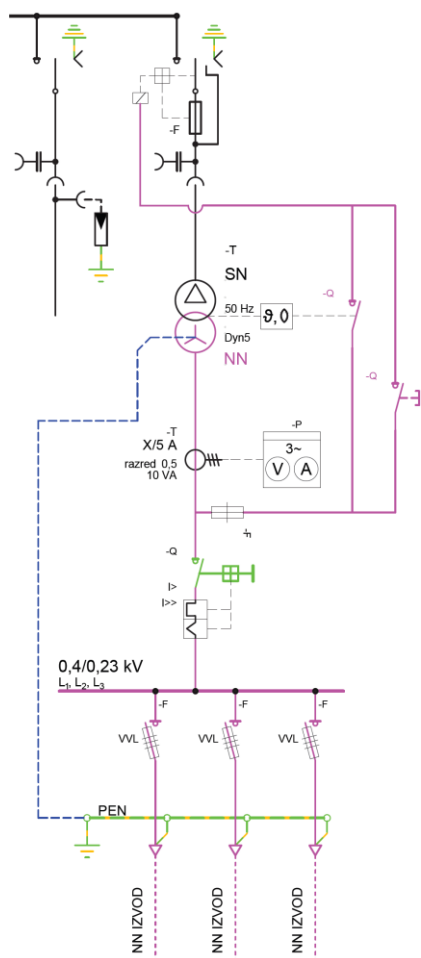
Primer izračuna nastavitve za različne obremenitve npr.:

400 kVA pri 0,42 kV:	550 ×	1,45	(preobremenitev)/120	= 6,6
400 kVA pri 0,42 kV :	550 ×	1	(nazivna obremenitev)/120	= 4,58
400 kVA pri 0,4 kV:	577 ×	1,45	(preobremenitev)/120	= 6,9
400 kVA pri 0,4 kV:	577 ×	1	(nazivna obremenitev)/120	= 4,8

Tok se izračuna na naslednji način: 400 kVA/0,4 kV $\times \sqrt{3}$ = 577 A oz. 550 A pri napetosti 0,42 kV.

Opomba: Pri menjavi Tr je običajno potrebno menjati tudi TT, bimetalni rele se prenastavi na vgrajeno novo opremo (Tr in TT).

VAROVANJE Tr z NN ODKLOPNIKOM IN SN VAROVALKAMI ZA Tr DO 1000 kVA



Preobremenitveni sprožnik varuje transformator pred preobremenitvami, kratkostični sprožnik pred kratkimi stiki (KS) v NN omrežju, SN varovalke pa pred kratkimi stiki med temi varovalkami in NN odklopnikom.

Tip NN odklopnika je treba izbrati glede na nazivno napetost in obremenitve, ki jih je mogoče pričakovati v normalnem obratovanju in glede na KS izklopno moč.

Preobremenitveni sprožnik mora biti izbran v skladu z njegovimi karakteristikami in nastavljen tako, da izklaplja večje obremenitve, kot so dopustne obremenitve.

KS sprožilnik mora biti nastavljen tako, da ne izklopi pri največji trenutni obremenitvi, ki jo pričakujemo v omrežju. SN varovalke varujejo transformator pred KS.

SN varovalke dimenzioniramo z upoštevanjem naslednjih pogojev:

- Zaradi zaščite Tr SN varovalke pri KS morajo pregoreti v času, ki ni večji od predpisanega.
- Varovanje mora biti selektivno, to pomeni, da mora v primeru KS na NN zbiralkah odklopiti KS sprožilnik, SN varovalka pri tem ne sme pregoreti.
- V primeru KS na izvodu iz TP mora izklopiti zaščita tega izvoda, NN odklopnik na NN strani transformatorja pa ne sme reagirati.

Zaščita distribucijskih Tr, pred preobremenitvijo z nizkonapetostnimi odklopniki je zaradi problemov selektivnosti med zaščito in izvodom iz TP in zaščito transformatorja primerna predvsem za TP s kratkimi NN izvodi (industrijske TP, strnjena naselja s kabelskim NN omrežjem).

NN odklopnik, preobremenitveni sprožilnik in nastavitev preobremenitvenega sprožilnika je treba izbrati iz ustreznih proizvajalčevih tabel. Nastavitev KS sprožilnika je treba zaradi selektivnosti uskladiti z zaščito izvodov iz TP.

Shema 15: Shema varovanja Tr z NN odklopnikom in SN varovalkami

Zaščita izvodov in nastavitev sprožilnika je odvisna od konfiguracije NN omrežja (vrsta vodnikov, presek, dolžina). Upoštevati je potrebno tudi na kakšen čas je nastavljen odklopnik in kakšna je najvišja vrednost NN varovalke na izvodu. Slednjemu se prilagodi kratkostično zaščito tako, da zagotavlja selektivnost odklopa.

Tabela 12: Primer varovanja transformatorjev z NN odklopnikom in SN varovalkami

Primarna nazivna napetost	Nazivni tok SN varovalke
10 kV	100 A
20 kV	50 A

Varovalke na izvodih $I_{nv \text{ MAKS}}$	Parametri odklopnika $I_n = 1600 \text{ A}$			
	I_L	LTD	I_s	STD
200 A	1600 A	5 s	$3 \times I_L$	0,1 s
250 A	1600 A	5 s	$3 \times I_L$	0,1 s
315 A	1600 A	5 s	$5 \times I_L$	0,1 s
$\geq 400 \text{ A}$	1600 A	5 s	$6 \times I_L$	0,1 s

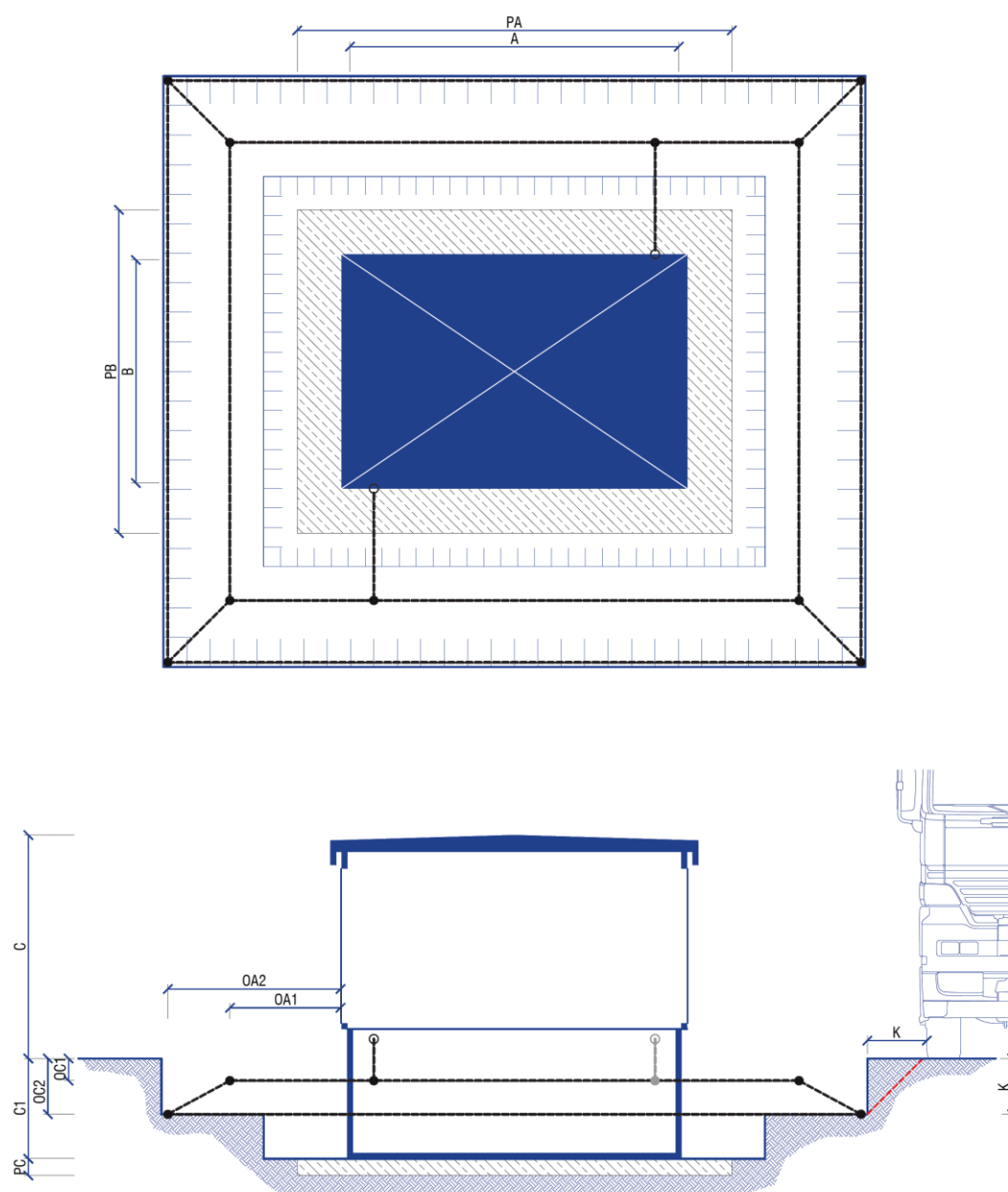
I_L – nastavitev izklopnega bremenskega toka (Load)

LTD – nastavitev zakasnitve izklopa bremenskega toka (Load Time Delay)

I_s – nastavitev kratkostičnega izklopnega toka (Short circuit)

STD – nastavitev zakasnitve izklopa kratkostičnega toka (Short circuit Time Delay)

DODATEK C: Tloris gradbene jame z ozemljitvami



Slika 6: Tloris gradbene jame z izvedbo ozemljitev z dvema obročema.

Globina gradbene jame je skladna z načrti proizvajalca glede na končno višino tal pred TP. Na dnu gradbene jame se izvede podlaga s podložnim betonom. Na terenih s slabšo nosilnostjo tal ali občasno podtalno vodo gradbenik določi potrebno armaturno mrežo in/ali način drenaže.

V kolikor ni drugače predpisano ali zahtevano je ozemljitev TP izvedena z dvema obročema ozemljilnega traku. Skladno s študijo EIMV št 1152; *Raziskave možnosti izvedbe ozemljevanja v TP SN/NN v SN omrežjih ozemljenih preko nizkoohmskega upora, kjer so potrebni dodatni ukrepi za uporabo TN in TT sistema.* (str. 13, 2. odstavek).

Tabela 13: Dimenzijske vrednosti izvedbe ozemljitve po študiji EIMV št. 1152

Pozicija	OA1	OC1	OA2	OC2
Dimenzije [cm]	100-125	20	125-150	50