



KAUNO TECHNOLOGIJOS UNIVERSITETAS
ELEKTROS IR ELEKTRONIKOS FAKULTETAS

Karolis Domantas

110/35/10 kV TRANSFORMATORIŲ PASTOTĖS 110 kV
SKIRSTYKLOS REKONSTRUKCIJA

Baigiamasis bakalauro projektas

Vadovas
Prof. dr. Saulius Gudžius

KAUNAS, 2015

KAUNO TECHNOLOGIJOS UNIVERSITETAS

ELEKTROS IR ELEKTRONIKOS FAKULTETAS

ELEKTROS ENERGETIKOS SISTEMŲ KATEDRA

**110/35/10 kV TRANSFORMATORIŲ PASTOTĖS 110 kV
SKIRSTYKLOS REKONSTRUKCIJA**

Baigiamasis bakalauro projektas
Atsinaujinančioji energetika (kodas 612E33001)

Vadovas

Prof. dr. Saulius Gudžius

Recenzentas

Lekt. dr. Ugnė Iliotienė

Projektą atliko

Karolis Domantas

KAUNAS, 2015

TVIRTINU:

KTU Elektros ir elektronikos fakulteto

_____ katedros vedėjas

201..... ..

BAKALAURO BAIGIAMOJO PROJEKTO UŽDUOTIS

Išduota studentui: Karoliui Domantui Grupė EAE – 1/1

1. Darbo tema:

Lietuvių kalba: 110/35/10 kV transformatorių pastotės 110 kV skirstyklos rekonstrukcija

Anglų kalba: Reconstruction of 110 kV switchyard in 110/35/10 kV transformer substation

Patvirtinta 2015 m. balandžio mėn. 7 d. dekanų potvarkiu Nr. *ST18-F-03-1*

2. Darbo tikslas: *Parengti 110/35/10 kV transformatorių pastotės 110 kV skirstyklos rekonstrukcinį projektą.*

3. Reikalavimai ir sąlygos:

4. Projekto struktūra. Turinys konkretizuojamas kartu su vadovu, atsižvelgiant į BBP pobūdį, pateiktą Metodinių reikalavimų 14 ir 15 punktuose.

Apžvelgti 110 kV skirstyklos charakteristikas;
Apskaičiuoti trumpųjų jungimų sroves;
Parinkti 110 kV skirstyklos įrenginius: jungtuvus, skyriklius, srovės transformatorius, atraminius izoliatorius, viršįtampių ribotuvus, įtampos matavimo transformatorius;
Apskaičiuoti ir sudaryti įžeminimo kontūrą;
Suprojektuoti ir apskaičiuoti žaibolaidžių saugos zonas;
Parašyti išvadas.

5. Grafinė dalis. Jei reikia, pateikiama schemas, algoritmai ir surinkimo brėžiniai; turinys ir apimtis konkretizuojama darbo eigoje kartu su vadovu.

110 kV skirstyklos vienlinijinė schema;
Pjūvis per oro liniją;
Žaibosaugos saugos zonos;
Įžeminimo kontūras.

6. Ši užduotis yra neatskiriama bakalauro baigiamojo projekto dalis

7. Projekto pateikimo gynimui kvalifikacinėje komisijoje terminas iki 2015-05-30

Užduotį gavau: Karolis Domantas _____ (data)

(studento vardas, pavardė, parašas)

Vadovas: Prof.dr. Saulius Gudžius _____ (data)

(pareigos, vardas, pavardė, parašas)



KAUNO TECHNOLOGIJOS UNIVERSITETAS

Elektros ir elektronikos fakultetas

(Fakultetas)

Karolis Domantas

(Studento vardas, pavardė)

Atsinaujinančioji energetika 612E33001

(Studijų programos pavadinimas, kodas)

Baigiamojo projekto „110/35/10 kV transformatorių pastotės 110 kV skirstyklos rekonstrukcija“

AKADEMINIO SAŽININGUMO DEKLARACIJA

20 15 m. gegužės 19 d.
Kaunas

Patvirtinu, kad mano, **Karolio Domanto**, baigiamasis projektas tema „110/35/10 kV transformatorių pastotės 110 kV skirstyklos rekonstrukcija“ yra parašytas visiškai savarankiškai, o visi pateikti duomenys ar tyrimų rezultatai yra teisingi ir gauti sąžiningai. Šiame darbe nėra viena dalis nėra plagijuota nuo jokių spausdintinių ar internetinių šaltinių, visos kitų šaltinių tiesioginės ir netiesioginės citatos nurodytos literatūros nuorodose. Įstatymų nenumatytų piniginių sumų už šį darbą niekam nesu mokėjęs.

Aš suprantu, kad išaiškėjus nesąžiningumo faktui, man bus taikomos nuobaudos, remiantis Kauno technologijos universitete galiojančia tvarka.

(vardą ir pavardę įrašyti ranka)

(parašas)

Domantas, K. 110/35/10 kV transformatorių pastotės 110 kV skirstyklos rekonstrukcija. Bakalauro baigiamasis projektas / vadovas prof. dr. Saulius Gudžius; Kauno technologijos universitetas, Elektros ir elektronikos fakultetas, Elektros energetikos sistemų katedra.

Kaunas, 2015. 43p.

SANTRAUKA

Krekenavos transformatorių pastotė maitinama penkiomis 110 kV oro linijomis. Pagrindiniai 110 kV skirstyklos įrenginiai yra techniškai pasenę, negali veikti tinkamai ir yra nepajėgus užtikrinti nepertraukiamo ir patikimo elektros energijos tiekimo vartotojams, todėl turi būti pakeisti.

Atliekami Krekenavos 110 kV skirstyklos rekonstrukciniai skaičiavimai, kurie yra reikalingi norint parinkti naujus skyriklius, jungtuvus, įtampos ir srovės transformatorius bei kitus įrenginius. Suprojektuojamos žaibolaidžių saugos zonos apsaugai nuo žaibo išlydžių. Suprojektuojamas naujas įžeminimo kontūras, kurio veikimas patikrinamas pagal leistiną įžeminimo varžą.

Krekenavos 110 kV skirstyklos rekonstrukcija yra būtina siekiant didinti Lietuvos elektros energetikos sistemos darbo patikimumą.

Reikšminiai žodžiai: Krekenava; 110 kV; rekonstrukcija; skirstykla.

Domantas, K. Reconstruction of 110 kV switchyard in 110/35/10 kV transformer substation. Final Bachelor project work/ supervisor prof. dr. Saulius Gudžius; Kaunas university of technology, Faculty of Electrical and Electronic Engineering, department of Electrical Power Systems.

Kaunas, 2015. 43p.

SUMMARY

Krekenava transformer substation receives its energy supply from five 110 kV power lines. The main equipment of 110 kV switchyard is technically obsolete, malfunctioning and not capable of maintaining continuous and reliable supply of electricity, so it has to be changed.

Reconstructive calculations of Krekenava 110/35/10 kV switchyard have been conducted in order to select new disconnectors, circuit breakers, voltage and current transformers and other equipment. The lightning – conductors protection zones have been designed to prevent lightning discharge. The new grounding contour, tested by permissible earth resistance, has been designed.

The reconstruction of Krekenava 110 kV switchyard is mental in order to increase the reliability of Lithuanian energy system work.

Keywords: Krekenava; 110 kV; reconstruction; switchyard.

TURINYS

SANTRAUKA	5
SUMMARY	6
SANTRUMPOS	10
ĮVADAS	11
1. OBJEKTO ANALITINĖ DALIS	12
1.1. Pastotės charakteristika	12
1.2. Vietovės charakteristika	13
2. TRUMPIEJI JUNGIMAI	14
2.1. Trumpųjų jungimų skaičiavimas	14
3. ELEKTROS ĮRENGINIŲ PARINKIMAS	20
3.1. Srovės transformatorių parinkimas	20
3.2. Viršįtampių ribotuvų parinkimas	24
3.3. Jungtuvų parinkimas	26
3.4. Skyriklių parinkimas	27
3.5. Įtampos matavimo transformatorių parinkimas	29
3.6. Atraminių izoliatorių parinkimas	29
4. SKIRSTYKLOS ĮRENGINIŲ ŽAIBOSAUGA	30
4.1. Žaibosaugos skaičiavimas	32
5. ĮŽEMINIMAS	36
5.1. Įžeminimo kontūro skaičiavimas	36
6. MODULINIS VALDYMO PUNKTAS	39
IŠVADOS	41
LITERATŪRA	42
PRIEDAI	43

LENTELIŲ SĄRAŠAS

1.1 lentelė. Klimatinės sąlygos	13
2.1 lentelė. 110 kV oro linijų ilgis	14
2.2 lentelė. Fazinių laidų aktyviųjų varžų reikšmės	15
2.3 lentelė. Trifazių trumpųjų jungimų srovės linijų pradžioje	15
2.4 lentelė. Sistemos atstojamosios varžos linijose	15
2.5 lentelė. 110 kV OL varžos	17
2.6 lentelė. Linijų atstojamosios varžos ir trifaziai trumpieji jungimai šnoje	17
2.7 lentelė. Kompleksinių sistemos atstojamųjų varžų duomenys	17
2.8 lentelė. Trifazio trumpojo jungimo šnoje ir smūginės srovės reikšmės	19
3.1 lentelė. Srovės transformatoriai linijose	23
3.2 lentelė. Srovės transformatoriai L-Panevėžys 2 linijoje	23
3.3 lentelė. Srovės transformatoriai sekcijiniame narvelyje	24
3.4 lentelė. Srovės transformatoriai galios transformatorių narveliuose	24
3.5 lentelė. Viršįtampių ribotuvų parametrai	25
3.6 lentelė. Viršįtampių ribotuvų parametrai	25
3.7 lentelė. Jungtuvų parinkimas	27
3.8 lentelė. Skyrikliai su įžeminimo peiliais	28
3.9 lentelė. Skyrikliai be įžeminimo peilių	28
3.10 lentelė. Įtampos transformatoriai	29
3.11 lentelė. Atraminių izoliatorių parinkimas	30
4.1 lentelė. Linijinio portalo su žaibolaidžiu konstrukciniai elementai	31
4.2 lentelė. Sferos parametrų priklausomybė pagal apsaugos patikimumo klases	33
4.3 lentelė. Atstumai tarp žaibolaidžių	33
5.1 lentelė. Aproximuojančios funkcijos koeficientai	38
6.1 lentelė. Savųjų reikmių apkrovos	40

PAVEIKSLŲ SĄRAŠAS

2.1 pav. Trumpasis jungimas OL šynoje	16
2.2 pav. Linijų sujungimo schema	18
3.1 pav. Viršįtampių ribotuvas	26
3.2 pav. Tripolis jungtuvas su stacionaria pavaros aptarnavimo aikštele	27
3.3 pav. Tripolis skyriklis su vienu įžeminimo peiliu	28
3.4 pav. Atraminis izoliatorius ir viršįtampių ribotuvas	30
4.1 pav. Linijinis portalas su žaibolaidžiu	31
4.2 pav. Žaibolaidžių išdėstymas skirstyklos teritorijoje	32
4.3 pav. Skirtingo aukščio žaibolaidžių išdėstymo planas	35

SANTRUMPOS

TP – transformatorių pastotė;

OL – oro linija;

ST – srovės transformatorius;

ASĮ – atviros skirstyklos įrenginiai;

VP – valdymo punktas;

RAA – relinės apsaugos automatika;

NSSRS – nuolatinės srovės savų reikmių skydas.

IVADAS

Šiuolaikinėje visuomenėje nuolatos augant elektros energijos poreikiui būtinas stabilus elektros energijos tiekimas. Kadangi didžioji elektros tinklų dalis Lietuvoje yra senos statybos, esami įrenginiai fiziškai susidėvėję bei morališkai pasenę, patikimam elektros energijos sistemos darbui perdavimo linijos, transformatorinės pastotės yra nuolatos modernizuojamos ir rekonstruojamos. Įmonės, atsakingos už elektros energijos eksploatavimą, pasitelkdamos naujas technologijas, nuolatos vykdo rekonstrukcinius darbus.

Šiame projekte numatoma atlikti Krekenavos transformatorių pastotės 110 kV skirstyklos rekonstrukciją. Kadangi tai veikiantis elektros energetikos objektas, labai svarbu numatyti tinkamą darbų eilę ir darbų organizavimą taip, kad elektros energijos tiekimas nebūtų ilgam sutrikdytas, kiek galima trumpinant perjungimų laiką ir mažinant nepateikiamos vartotojams elektros energijos kiekį.

Darbo objektas – 110/35/10 kV Krekenavos transformatorių pastotė.

Darbo tikslas – rekonstruoti 110/35/10 kV Krekenavos TP 110 kV skirstyklą.

Baigiamojo darbo uždaviniai:

- išsiaiškinti pastotės charakteristikas;
- paskaičiuoti trumpojo jungimo sroves;
- parinkti naujus 110 kV skirstyklos įrenginius;
- apskaičiuoti žaibosaugą;
- apskaičiuoti ir sudaryti įžeminimo kontūrą;
- pateikti grafinę medžiagą.

1. OBJEKTO ANALITINĖ DALIS

1.1. Pastotės charakteristika

Krekenavos 110/35/10 kV transformatorių pastotė su 110 kV skirstykla rekonstruojama „LITGRID“ AB išnuomotame žemės sklype esančioje aikštelėje. Skirstykla prie Lietuvos energetinės sistemos yra prijungta penkiomis 110 kV oro linijomis.

- Krekenava – Panevėžys 1;
- Krekenava – Panevėžys 2;
- Krekenava – Žibartony;
- Krekenava – Surviliškis;
- Krekenava – Truskava.

Šiuo metu 110 kV skirstyklos elektrinių sujungimų schema – dviguba sekcionuota šynų sistema su apeinamąja šyna. Esami įrenginiai fiziškai susidėvėję bei morališkai pasenę. Šiame projekte numatytas 110 kV skirstyklos elektrotechninių, relinės apsaugos ir kitų įrenginių pakeitimas naujais. Numatoma palikti esamus „Pffnner“ firmos kombinuotus srovės/įtampos transformatorius, perkelti juos arčiau galios transformatorių T-1, T-2, esamus viršįtampių ribotuvus, esančius prie kombinuotų srovės/įtampos transformatorių.

Po rekonstrukcijos elektrinių sujungimo schema bus vienguba sekcionuota šynų sistema „SS“(mazginė).

Skirstykloje keičiami įrenginiai: jungtuvai, skyrikliai, srovės ir įtampos transformatoriai, viršįtampių ribotuvai, atraminiai izoliatoriai, parinkti pagal vardinę srovę, maksimalius galimus viršįtampius, smūginę srovę, suminę trifazio trumpojo jungimo srovę. Nauji įrenginiai užtikrins patikimesnį elektros energijos tiekimą vartotojams.

110/35/10 kV Krekenavos TP pagrindiniai 110 kV skirstyklos relinės apsaugos ir valdymo įrenginiai numatyti mikroprocesoriniai su savikontrolės funkcija. Esant normaliam darbo režimui pastotės 110 kV skirstyklos elementai valdomi nuotoliniu būdu iš „LITGRID“ AB dispečerinio valdymo centro DVS arba rezervinio dispečerinio centro . 110 kV komutavimo aparatai ir įžemikliai valdomi per mikroprocesorinius apsaugų ir valdymo įrenginius. Įvykus gedimui arba atliekant profilaktinius darbus 110 kV skirstykloje, bus valdoma iš RAA spintose sumontuotų prijunginių.

Rekonstruojamos 110 kV skirstyklos teritorijoje įrengiamas modulinis valdymo punktas, kuris užtikrins kokybišką pastotės valdymą ir paprastesnę priežiūrą.

Galios transformatorių T-1 ir T-2 110 kV prijungimuose įrengti komercinės elektros energijos apskaitos įrenginiai (kombinuoti srovės/įtampos matavimo transformatoriai) panaudojami kaip šynų įtampos transformatoriai.

Krekenavos pastotėje 110 kV pusėje naudojami du po 16 MVA galios transformatoriai sujungti $Y_0/Y_0/\Delta$ schema.

110/35/10 kV Krekenavos TP 110 kV skirstykla priskiriama III apsaugos nuo žaibo klasei. 110 kV skirstyklos įrenginių apsaugai nuo tiesioginių žaibų ir viršįtampių projektuojami žaibolaidžiai ir lauko tipo viršįtampių ribotuvai. Pastotė nuo tiesioginių žaibų bus apsaugota suprojektuotų žaibosaugos bokštų. Visi 110 kV skirstyklos įrenginiai ir projektuojamas modulinis valdymo punktas patenka į projektuojamų žaibolaidžių apsaugos zoną.

110 kV skirstykloje yra senas įžeminimo kontūras, kurio varža 0,49 Ω (pagal matavimo protokolą). Rekonstruojamoje 110 kV skirstykloje numatomas naujas įžeminimo įrenginys, montuojamas iš plieninių variuotų elektrodų bei cinkuotos plieninės įžeminimo juostos. Įžeminimo įrenginys 110 kV skirstyklos teritorijoje užtikrins leistiną ($\leq 0,5 \Omega$) įžeminimo įrenginio varžą.

1.2. Vietovės charakteristika

Rekonstruojama 110/35/10 kV Krekenavos TP yra Panevėžio raj. sav., Krekenavos sen., Ičiūnų k. 4B.

1.1 lentelė. Klimatinės sąlygos

Vidutinė metinė oro temperatūra, ° C	+5
Absoliutus oro temperatūros maksimumas, ° C	+33,7
Absoliutus oro temperatūros minimumas, ° C	-37,1
Šalčiausios paros vidutinė temperatūra, ° C	-27
Temperatūra perkūnijos metu, ° C	+15
Vėjo slėgis, Pa	400
Apšalo sienelės storis, mm	15
Santykinis oro metinis drėgnumas, %	80
Vidutinis kritulių kiekis per metus, mm	596
Maksimalus paros kritulių kiekis, mm	67,6
Maksimalus žemės įšalo gylis, cm	103

Sklypas padengtas 5 – 8 m storio piltinio grunto sluoksniu, kurį sudaro molis. Po piltiniu gruntu iki pragręžto 10 m gylio slūgso molingas dulkis su vandeningo smėlio lėšiais. Hidrogeologinės statybos sklypo sąlygos charakterizuojamos remiantis požeminio vandens lygio stebėjimais gręžiniuose lauko darbų vykdymo metu.

Žemės sklypas yra 6879 m² ploto. „LITGRID“ AB priklausomybės 110 kV skirstyklos sklypas ribojasi su AB „LESTO“ teritorija. Iš kitų pusių sklypas ribojasi su Valstybės žemės fondu. Geodezinių tyrinėjimų duomenimis sklype reljefas yra lygus. Sklypo sanitarinė ir ekologinė situacija yra normali. Sklype nėra susikaupusių šiukšlių ar aplinkai kenksmingų medžiagų.

Keliai suprojektuoti pagal numatytą teritorijos planinį sprendimą. Į 110 kV skirstyklos teritoriją patenkama per pastotės vartus iš rytinės pusės panaudojant AB „LESTO“ priklausantį servitutinį kelią iš kelio Panevėžys – Kėdainiai.

2. TRUMPIEJI JUNGIMAI

Pagrindinė priežastis, sukianti trumpuosius jungimus, yra izoliacijos pažeidimas dėl jos senėjimo, viršįtampių, personalo klaidų ir įvairių aplinkos veiksnių. Kartais trumpieji jungimai sukeliama dirbtinai – supaprastintose pastočių schemose naudojami specialūs aparatai trumpiesiems jungimams sukelti, taip priverčiant suveikti nutolusius relinės apsaugos įrenginius.

Trumpieji jungimai skaičiuojami, norint parinkti elektros aparatus ir laidininkus, įvertinti jų patikimumą, tikrinama, ar elektros aparatai ir įranga gebės atlaikyti trifazio trumpojo jungimo sroves.

Šiame transformatorių pastotės rekonstrukcijos projekte trifaziai trumpieji jungimai skaičiuojami linijose, nes jų avarinės srovės didžiausios.

2.1. Trumpųjų jungimų skaičiavimas

Žinomi dydžiai, reikalingi apskaičiuojant trumpuosius jungimus:

2.1 lentelė. 110 kV skirstyklos oro linijų ilgis

Prijunginys	Parametras	Reikšmė, km
L-Panevėžys 1	L_1	24,466
L-Panevėžys 2	L_2	24,931
L-Žibartonys	L_3	18,115
L-Surviliškis	L_4	18,927
L-Truskava	L_5	21,793

Iš katalogo parenkamos fazinių laidų aktyviosios varžos kiekvienai linijai ir pateikiamos 2.2 lentelėje.

2.2 lentelė. Fazinių laidų aktyviųjų varžų reikšmės

Prijunginys	Fazinis laidas	Parametras	Reikšmė, Ω/km
L-Panevėžys 1	AS-150	r_{01}	0,2
L-Panevėžys 2	AS-240	r_{02}	0,121
L-Žibartony	AS-95/16	r_{03}	0,31
L-Surviliškis	AS-150	r_{04}	0,2
L-Truskava	AS-150/24	r_{05}	0,2

$x_0 = 0,4 \Omega/\text{km}$ – reaktyvioji varža oro linijose;

$U_{max} = 123 \text{ kV}$ – sistemos maksimalaus režimo įtampa.

Žinomų trifazių trumpųjų jungimų srovių linijų pradžioje ir sistemos atstojamųjų varžų reikšmės pateikiamos 2.3 ir 2.4 lentelėse.

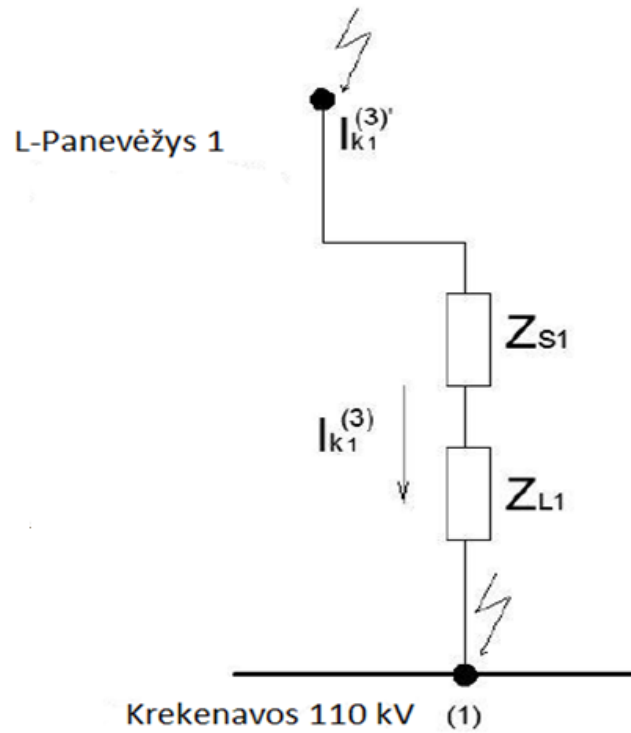
2.3 lentelė. Trifazių trumpųjų jungimų srovės linijų pradžioje

Prijunginys	Parametras	Reikšmė, kA
L-Panevėžys 1	$I_{K1}^{(3)'}$	6,808
L-Panevėžys 2	$I_{K2}^{(3)'}$	6,714
L-Žibartony	$I_{K3}^{(3)'}$	8,090
L-Surviliškis	$I_{K4}^{(3)'}$	7,926
L-Truskava	$I_{K5}^{(3)'}$	7,348

2.4 lentelė. Sistemos atstojamosios varžos linijose

Prijunginys	Parametras	Reikšmė, Ω
L-Panevėžys 1	Z_{S1}	$3,059 + j10,922$
L-Panevėžys 2	Z_{S2}	$3,216 + j11,527$
L-Žibartony	Z_{S3}	$2,635 + j8,409$
L-Surviliškis	Z_{S4}	$2,768 + j9,601$
L-Truskava	Z_{S5}	$2,856 + j9,723$

Skačiuojamos trifazio trumpojo jungimo srovės Krekenavos 110/35/10 kV transformatorių pastotės 110 kV pusės šlynoje.



2.1 pav. Trumpasis jungimas OL šynoje

Surandamos „L-Panevėžys 1“ linijos varžos:

$$r_{L1} = r_{01} \cdot L_1; \quad (2.1)$$

$$r_{L1} = 0,2 \cdot 0,24,466 = 4,89 \Omega;$$

$$x_{L1} = x_0 \cdot L_1; \quad (2.2)$$

$$x_{L1} = 0,4 \cdot 24,466 = 9,79 \Omega;$$

$$Z_{L1} = r_{L1} + jx_{L1}; \quad (2.3)$$

$$Z_{L1} = 4,89 + j9,79 \Omega;$$

Tuomet randamos ateinančios trumpųjų jungimų srovės atitinkamuose taškuose:

$$I_{K1}^{(3)} = \frac{U_{max}}{\sqrt{3} \cdot \left(\sqrt{(r_{S1}^2 + x_{S1}^2)} + \sqrt{(r_{L1}^2 + x_{L1}^2)} \right)}; \quad (2.4)$$

Sistemos aktyviosios ir reaktyviosios varžų reikšmės paaimamos iš 2. 4 lentelės.

$$I_{K1}^{(3)} = \frac{123}{\sqrt{3} \cdot \left(\sqrt{(3,059^2 + 10,922^2)} + \sqrt{(4,89^2 + 9,79^2)} \right)} = 3,187 \text{ kA};$$

čia: $I_{K1}^{(3)}$ – trifazis trumpasis jungimas „L-Panevėžys 1“ linijos (1) taške.

Identiškai skaičiuojamos likusios trifazio jungimo 110 kV pusės šynoje srovės, kurių visi skaičiavimų duomenys pateikti 2.5 ir 2.6 lentelėse.

2.5 lentelė. 110 kV oro linijų varžos

Prijunginys	Aktyvioji varža, Ω		Reaktyvioji varža, Ω	
L-Panevėžys 1	r_{L1}	4,89	x_{L1}	9,79
L-Panevėžys 2	r_{L2}	3,02	x_{L2}	9,97
L-Žibartonys	r_{L3}	5,62	x_{L3}	7,25
L-Surviliškis	r_{L4}	3,79	x_{L4}	7,57
L-Truskava	r_{L5}	4,36	x_{L5}	8,72

2.6 lentelė. Linijų atstojamosios varžos ir trifaziai trumpieji jungimai šynoje

Prijunginys	Atstojamoji linijos varža Z , Ω		Trumpojo jungimo srovės $I_K^{(3)}$, kA	
L-Panevėžys 1	Z_{L1}	$4,89 + j9,79$	$I_{K1}^{(3)}$	3,2
L-Panevėžys 2	Z_{L2}	$3,02 + j9,97$	$I_{K2}^{(3)}$	3,1
L-Žibartonys	Z_{L3}	$5,62 + j7,25$	$I_{K3}^{(3)}$	3,9
L-Surviliškis	Z_{L4}	$3,79 + j7,57$	$I_{K4}^{(3)}$	3,8
L-Truskava	Z_{L5}	$4,36 + j8,72$	$I_{K5}^{(3)}$	3,5

Kompleksinė sistemos atstojamoji varža „L-Panevėžys 1“ randama pagal formulę:

$$Z_1 = Z_{S1} + Z_{L1}; \quad (2.5)$$

$$Z_1 = 3,059 + j10,922 + 4,89 + j9,79 = 7,95 + j20,712 \Omega;$$

Kompleksinių sistemos atstojamųjų varžų duomenys pateikiami 2.7 lentelėje.

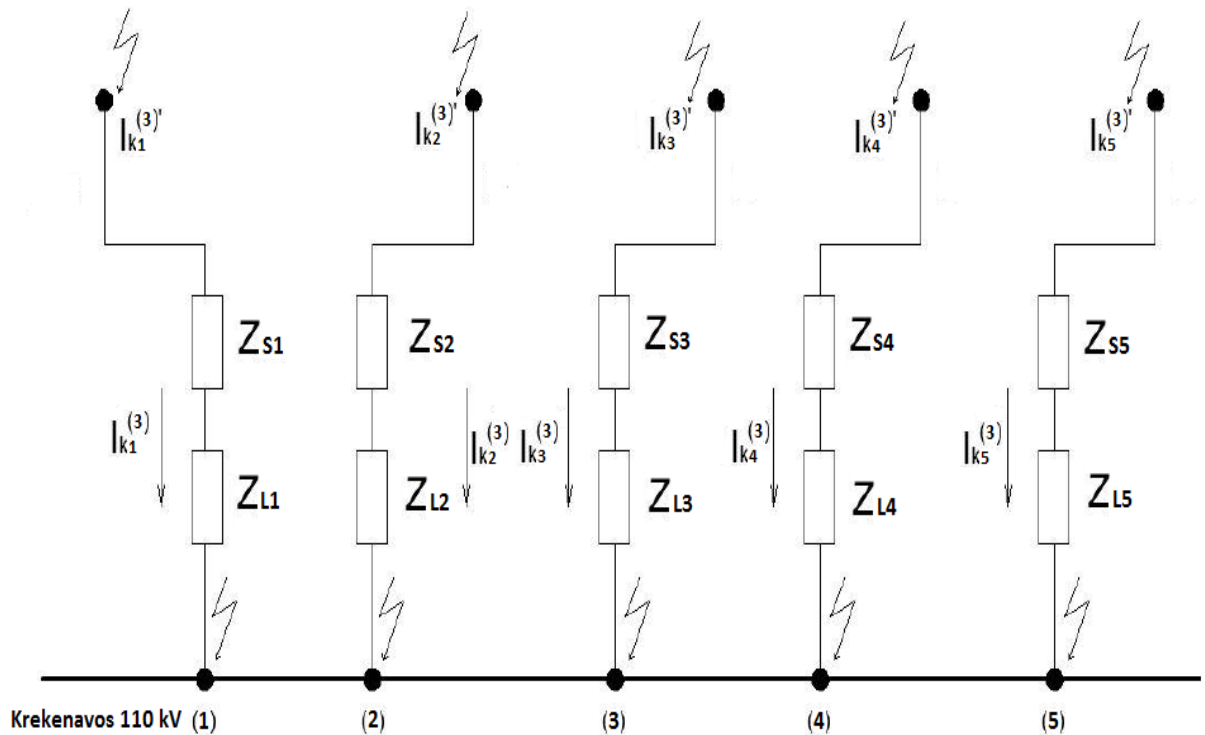
2.7 lentelė. Kompleksinių sistemos atstojamųjų varžų duomenys

Prijunginys	Kompleksinė sistemos atstojamoji varža Z , Ω	
L-Panevėžys 1	Z_1	$7,95 + j20,712$
L-Panevėžys 2	Z_2	$6,24 + j21,497$
L-Žibartonys	Z_3	$8,26 + j15,659$
L-Surviliškis	Z_4	$6,56 + j17,171$
L-Truskava	Z_5	$7,22 + j18,443$

Kadangi visos penkios linijos sujungtos lygiagrečiai, tai bendra visos sistemos atstojamoji kompleksinė varža apskaičiuojama:

$$\frac{1}{Z} = \frac{1}{Z_1} + \frac{1}{Z_2} + \frac{1}{Z_3} + \frac{1}{Z_4} + \frac{1}{Z_5}; \quad (2.6)$$

$$Z = 1,477 + j3,707 \Omega;$$



2.2 pav. Linijų sujungimo schema

Suradus visų 5 oro linijų trumpuosius jungimus šynose ir kompleksines varžas, galima apskaičiuoti suminę trumpojo trifazio jungimo reikšmę:

$$I_K^{(3)} = \frac{U_{max}}{\sqrt{3} \cdot \sqrt{Z^2}}; \quad (2.7)$$

$$I_K^{(3)} = \frac{123}{\sqrt{3} \cdot \sqrt{(1,477 + j3,707)^2}} = 18 \text{ kA};$$

Apskaičiuojama smūginė srovė, kurią svarbu žinoti parenkant elektros įrenginius. Pagal ją nustatomas elektros įrenginių šynų dinaminis atsparumas.

$$i_{sm} = \sqrt{2} \cdot I_K^{(3)} \cdot k_{sm}; \quad (2.8)$$

čia: k_{sm} – smūgio koeficientas, kurio išraiška yra:

$$k_{sm} = 1 + e^{-\frac{0,01}{T_a}}; \quad (2.9)$$

čia: T_a – laiko pastovioji, kurios išraiška yra:

$$T_a = \frac{x_s}{\omega \cdot r_s}; \quad (2.10)$$

$$\omega = 2 \cdot \pi \cdot f; \quad (2.11)$$

čia: $f = 50$ Hz – kampinis srovės kitimo dažnis. Tuomet:

$$\omega = 2 \cdot 3,14 \cdot 50 = 314 \frac{\text{rad}}{\text{s}};$$

Suradus visus dydžius galima apskaičiuoti laiko pastoviąją (2.10 formulė):

$$T_a = \frac{3,707}{314 \cdot 1,477} = 0,008 \text{ s};$$

Pagal 2.9 formulę randamas smūgio koeficientas:

$$k_{sm} = 1 + e^{-\frac{0,01}{0,008}} = 1,286;$$

Pagal 2.8 formulę apskaičiuojama smūginė srovė:

$$i_{sm} = \sqrt{2} \cdot 18 \cdot 1,286 = 32 \text{ kA};$$

Gauti trifazio trumpojo jungimo srovių rezultatai ir smūginės srovės reikšmė pateikti 2.8 lentelėje, kai $U_{max} = 123$ kV. Sistemos maksimalaus režimo įtampa gaunama, kai įtampos reguliatorius aukščiausioje padėtyje.

2.8 lentelė. Trifazio trumpojo jungimo šnoje ir smūginės srovės reikšmės

Trumpojo jungimo vieta		Reikšmė, kA
Krekenava	L-Panevėžys 1	3,2
	L-Panevėžys 2	3,1
	L-Žibartonys	3,9
	L-Surviliškis	3,8
	L-Truskava	3,5
	Suminė	18
Smūginė srovė		32

3. ELEKTROS ĮRENGINIŲ PARINKIMAS

Jei aparatai geba atlaikyti smūginę srovę maksimaliu režimu, tai sugebės atlaikyti ir šiluminį impulsą, todėl šiluminio impulso skaičiavimai neatliekami.

Apskaičiuojama ilgalaikio fazinio režimo forsuota srovė:

$$I_{d.f} = 1,5 \cdot \frac{S_N}{\sqrt{3} \cdot U_N}; \quad (3.1)$$

$$I_{d.f} = 1,5 \cdot \frac{16 \cdot 10^6}{\sqrt{3} \cdot 110 \cdot 10^3} = 126 \text{ A};$$

3.1. Srovės transformatorių parinkimas

Galios transformatorių T-2 ir T-1 grandinės 110 kV srovės transformatorių pirminė vardinė srovė priimama 100 A, galios transformatorių vardinė srovė – 84 A.

110 kV srovės transformatorių transformacijos koeficientai:

- 1 – šerdis 100/1;
- 2 – šerdis 100/1;
- 3 – šerdis 600/1;
- 4 – šerdis 600/1;
- 5 – šerdis 600/5.

110 kV OL grandyse srovės transformatoriai parenkami pagal leistiną laidų apkrovą, 110 kV OL „Krekenava – Žibartonyš“ laidas 95 mm², maksimali leistina srovė 330 A, kitose linijose: „Krekenava – Panevėžys 1“, „Krekenava – Surviliškis“ ir „Krekenava – Truskava“, laidas 150 mm², maksimali leistina srovė 450 A. Visiems šių linijų grandyse statomiems srovės transformatoriams priimta vienoda 500 A pirminė srovė su ilgalaikiu leistinu perkrovimo koeficientu 1,2, t.y. 600 A.

Numatomos keturios relinės apsaugos šerdys (pagal relinės apsaugos reikalavimus) su transformacijos koeficientu 500/1.

110 kV OL „Krekenava – Panevėžys 2“ laidas 240 mm², maksimali leistina srovė 605 A. Priimama 600 A pirminė srovė su ilgalaikiu leistino perkrovimo koeficientu 1,2, t.y. 720 A.

Numatomos keturios relinės apsaugos šerdys (pagal relinės apsaugos reikalavimus) su transformacijos koeficientu 600/1.

Sekcijinėje grandyje, įvertinus būsimą skirstyklos praplėtimą, parenkamas srovės transformatorius su 600 A pirmine srove ir ilgalaikiu leistinu perkrovimo koeficientu 1,2, t.y. 720 A.

Numatomos penkios relinės apsaugos šerdys (pagal relinės saugos reikalavimus) su transformacijos koeficientu 600/1.

Apvijos komercinei apskaitai projektuojamos be atšakų. Parenkant srovės transformatorius komercinei apskaitai, būtina sąlyga, kad apskaičiuoti antrinių apvijų srovės parametrai, esant maksimaliai prijungimo apkrovai, būtų ne mažesni kaip 40 proc. ir ne didesni kaip 120 proc., o esant minimaliai prijungimo apkrovai – ne mažesni kaip 1 proc. (0,5 tikslumo klasės srovės transformatoriams – ne mažesni kaip 5 proc.) elektros skaitiklio vardinės srovės.

Srovės transformatoriai apskaitai parenkami tinkamai, jei tenkinamos šios sąlygos:

- Apvijos apkrovimas žiemos metu esant maksimaliai apkrovai:

$$120\% \geq R_{leistina} \geq 40\%;$$

- Apvijos apkrovimas vasaros metu esant minimaliai apkrovai:

$$R_{leistina} \geq 1\%;$$

Galios transformatorių apkrovos dydžiai pateikti pagal AB „LESTO“ duomenis.

Žinomi dydžiai:

$P_{max} = 7,38$ MW – maksimali T-1 ir T-2 transformatorių aktyvioji galia;

$P_{min} = 0,83$ MW – minimali T-1 ir T-2 transformatorių aktyvioji galia;

$\cos\varphi = 0,9$ – galios koeficientas;

Tuomet apskaičiuojama maksimali dviejų transformatorių žiemos apkrova:

$$S_{max} = \frac{P_{max}}{\cos\varphi}; \quad (3.2)$$

$$S_{max} = \frac{7,38}{0,9} = 8,2 \text{ MVA};$$

Apskaičiuojama maksimali srovė, tekanti per srovės transformatorių, kai vienas transformatorius atjungtas, o kitas apkrautas pilna pastotės apkrova:

$$I_{max} = \frac{S_{max}}{\sqrt{3} \cdot U_{110}}; \quad (3.3)$$

Maksimalios apkrovos reikšmė paverčiama į kVA.

$$I_{max} = \frac{8200}{\sqrt{3} \cdot 110} = 43 \text{ A};$$

Apskaičiuojama minimali dviejų transformatorių apkrova vasaros metu:

$$S_{max} = \frac{P_{max}}{\cos\varphi}; \quad (3.4)$$

$$S_{max} = \frac{0,83}{0,9} = 0,920 \text{ MVA};$$

Apskaičiuojama minimali srovė, tekanti per srovės transformatorių, esant minimaliai vieno transformatoriaus apkrovai vasaros metu:

$$I_{min} = \frac{S_{min}}{\sqrt{3} \cdot U_{110}}; \quad (3.5)$$

$$I_{min} = \frac{920}{\sqrt{3} \cdot 110} = 4,8 \text{ A};$$

Komercinei apskaitai parinkti srovės transformatoriai su 100/1 transformacijos koeficientais apskaitos grandinėse.

Skaičiuojamas maksimalus apvijos apkrovimas (procentais) žiemos metu, esant maksimaliai apkrovai:

$$R_{max} = \frac{I_{max}}{100} \cdot 100\%; \quad (3.6)$$

$$R_{max} = \frac{43}{100} \cdot 100\% = 43\%;$$

Skaičiuojamas apvijos apkrovimas vasaros metu, esant minimaliai apkrovai:

$$R_{min} = \frac{I_{min}}{100} \cdot 100\%; \quad (3.7)$$

$$R_{min} = \frac{4,8}{100} \cdot 100\% = 4,8 \%;$$

Tikrinama pirma sąlyga.

Kai $R_{leistina} = R_{max}$, tuomet:

$$120\% \geq R_{leistina} \geq 40\%; \quad (3.8)$$

$$120\% \geq 43\% \geq 40\%;$$

Nelygybės sąlyga yra tenkinama.

Tikrinama antra sąlyga.

Kai $R_{leistina} = R_{min}$, tuomet:

$$R_{leistina} \geq 1\%; \quad (3.9)$$

$$4,8\% \geq 1\%;$$

Nelygybės sąlyga yra tenkinama.

Kadangi abi sąlygos yra tenkinamos, vadinasi, srovės transformatoriai su 100/1 transformacijos koeficientu komercinei apskaitai parinkti teisingai. Jie statomi transformatorių T-1 ir T-2 narveliuose.

Srovės transformatorių šerdies paskirtis gali būti:

- distancinė apsauga;
- maksimalios srovės apsauga;
- 110 kV šynų diferencinė apsauga;
- elektros kontrolinė apskaita.

Parinkti 110 kV OL srovės transformatoriai. „L-Panevėžys 1“, „L-Žibartonys“, „L-Surviliškis“, „L-Truskava“ linijose parinkti identiški srovės transformatoriai, turintys 500 A vardinę pirminę srovę ir 4 antrinių apvijų šerdis.

3.1 lentelė. Srovės transformatoriai linijose

Prijunginys	Šerdis	Transformacijos koeficientas	Vardinė galia, VA	Tikslumo klasė ir perkrovos koeficientas
L-Panevėžys 1, L-Žibartonys, L-Surviliškis, L-Truskava.	1	500/1	2,5	0,2S F _S 5
	2	500/1	20	5P20
	3	500/1	20	5P20
	4	500/1	20	5P20

„L-Panevėžys 2“ linijiniame narvelyje parinktas ST, turintis 600 A vardinę pirminę srovę ir 4 antrinių apvijų šerdis.

3.2 lentelė. Srovės transformatoriai L-Panevėžys linijoje

Prijunginys	Šerdis	Transformacijos koeficientas	Vardinė galia, VA	Tikslumo klasė ir perkrovos koeficientas
L-Panevėžys 2	1	600/1	2,5	0,2S F _S 5
	2	600/1	20	5P20
	3	600/1	20	5P20
	4	600/1	20	5P20

Sekcijiniame narvelyje parinktas penkių apvijų ST, turintis 600 A vardinę pirminę srovę.

3.3 lentelė. Srovės transformatoriai sekcijiniame narvelyje

Prijungimo narvelis	Šerdis	Transformacijos koeficientas	Vardinė galia, VA	Tikslumo klasė ir perkrovos koeficientas
Sekcijinis narvelis	1	600/1	2,5	0,2S F _S 5
	2	600/1	20	5P20
	3	600/1	20	5P20
	4	600/1	20	5P20
	5	600/1	20	5P20

Transformatorių T-1 ir T-2 narveliuose parenkami identiški penkių apvijų srovės transformatoriai, 100 A vardinės pirminės srovės ir turintys 5 antrinės apvijos šerdis.

3.4 lentelė. Srovės transformatoriai galios transformatorių narveliuose

Prijungimo narvelis	Šerdis	Transformacijos koeficientas	Vardinė galia, VA	Tikslumo klasė ir perkrovos koeficientas
T-1, T-2.	1	100/1	2,5	0,2S F _S 5
	2	100/1	2,5	0,2S F _S 5
	3	600/1	10	5P10
	4	600/1	10	5P10
	5	600/5	30	5P10

3.2. Viršįtampių ribotuvų parinkimas

Elektros įrenginių izoliacijos apsaugos sistemų su ribotuvais efektyvumą lemia apsaugos nuo žaibo efektyvumas, tinklo elektromagnetinės savybės, elektros tinklo konfigūracija, ribotuvų tinkle išdėstymas, ribotuvų kokybė bei jų apsauginės charakteristikos.

Viršįtampių ribotuvai naudojami įrenginių izoliacijai apsaugoti nuo komutacinių ir atmosferinių viršįtampių efektyviai įžemintos, izoliuotos ar kompensuotos neutralės tinkluose. Viršįtampių ribotuvai jungiamas į tinklą tiesiogiai be kibirkštinio tarpelio. Normalaus darbo režimo metu per ribotuvą srovė praktiškai neteka. Atsiradus tinkle viršįtampiams srovė per ribotuvą didėja tolygiai be staigių šuolių kaip iškroviklyje, todėl viršįtampių pereinamasis vyksmas yra švelnesnis, tačiau apsaugos zona siauresnė.

Viršįtampių ribotuvų parinkimo sąlygos, duomenys palyginimui su aparato nominaliais duomenimis pateikiami 3.5 lentelėje.

Suskaičiuojama fazinė linijos įtampa:

$$U_f = \frac{110}{\sqrt{3}} = 63,5 \text{ kV}; \quad (3.10)$$

3.5 lentelė. Viršįtampių ribotuvų parametrai

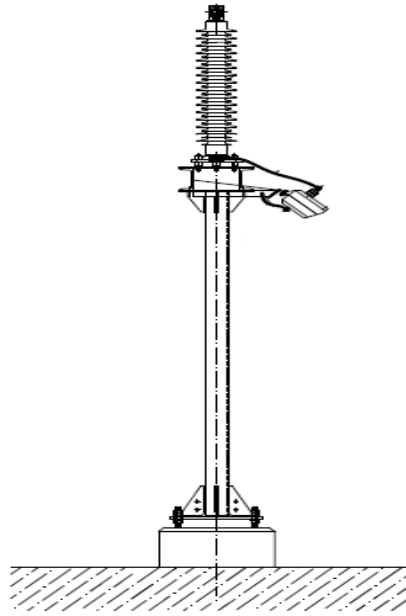
Parinkimo sąlyga	Skaičiavimo duomenys	Duomenys iš katalogo
		Parinktas ribotuvas <i>SBKC 102/10.3</i>
$U_{ir} \leq U_N$	$U_{ir} = 110 \text{ kV}$	$U_N = 110 \text{ kV}$
$U_f \leq U_C$	$U_f = 63,5 \text{ kV}$	$U_C = 82 \text{ kV}$
$I_K^{(3)} \leq I_{NK}$	$I_K^{(3)} = 18 \text{ kA}$	$I_{NK} = 40 \text{ kA}$
$i_{sm} \leq i_t$	$i_{sm} = 32 \text{ kA}$	$i_t = 100 \text{ kA}$
$I_{d.f} \leq I_N$	$I_{d.f} = 126 \text{ A}$	$I_N = 1100 \text{ A}$

Visoms OL parenkami identiški viršįtampių ribotuvai.

Prie T-1 ir T-2 galios transformatorių perkeliama esami išmontuoti viršįtampių ribotuvai, kurie, atsižvelgiant į tvarkingą jų būklę, galimi eksploatuoti. Kuo arčiau aparato pastatomas ribotuvai, tuo didesnę apsaugą jis užtikrina. Visos elektrinės jungtys turi būti kuo įmanoma trumpesnės. Įžeminimo jungtis privalo būti jungiama prie nuolatinio ir veikiančio žemos varžos įžeminimo, pageidautina prie pagrindinės sistemos įžeminimo.

3.6 lentelė. Viršįtampių ribotuvų parametrai

Parinkimo sąlyga	Skaičiavimo duomenys	Duomenys iš katalogo
		Parinktas ribotuvas <i>VARISIL HTS 102</i>
$U_{ir} \leq U_N$	$U_{ir} = 110 \text{ kV}$	$U_N = 110 \text{ kV}$
$U_f \leq U_C$	$U_f = 63,5 \text{ kV}$	$U_C = 87 \text{ kV}$
$I_K^{(3)} \leq I_{NK}$	$I_K^{(3)} = 18 \text{ kA}$	$I_{NK} = 40 \text{ kA}$
$i_{sm} \leq i_t$	$i_{sm} = 32 \text{ kA}$	$i_t = 100 \text{ kA}$
$I_{d.f} \leq I_N$	$I_{d.f} = 126 \text{ A}$	$I_N = 1250 \text{ A}$



3.1 pav. Viršįtampių ribotuvas

3.3. Jungtuvų parinkimas

Jungtuvas – tai mechaninis komutavimo įrenginys, skirtas elektros srovei įjungti ir išjungti, esant normaliam arba avariniam režimui. Pagrindinė jungtuvo paskirtis – automatiškai išjungti trumpojo jungimo srovę.

Parinkami tripoliai dujiniai jungtuvai su spyruokline pavara. Jungtuvas turi būti užpildytas SF₆ dujomis arba pristatomas reikiamas dujų kiekis papildymui iki eksploatacinio slėgio su papildymo antgaliais ir žarnomis.

SF₆ dujų charakteristika:

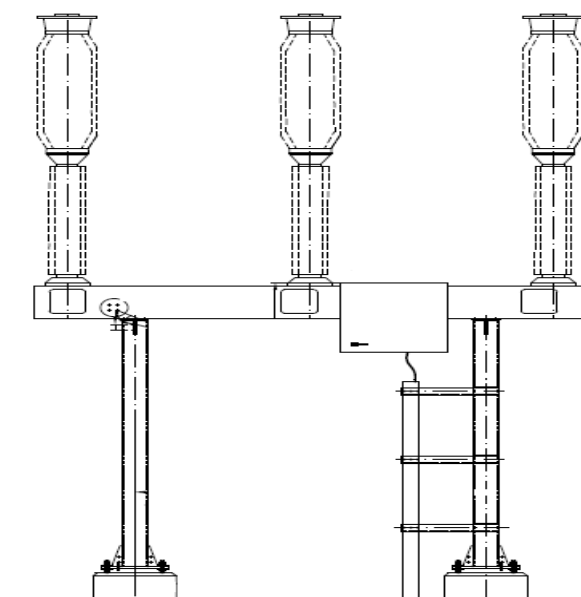
- bespalvės;
- bekvapės;
- chemiškai neutralios;
- nedegios;
- nėra nuodingos;
- nekelia pavojaus ekologijai ir ozono sluoksniui.

Tačiau šios dujos pasižymi dideliu globalinio atšilimo potencialu (22,200), todėl patekę į atmosferą gali paskatinti šiltnamio efektą.

Naudojant šias dujas būtina užtikrinti, jog SF₆ dujos nepateks į atmosferą, ir kaip galima labiau sumažinti atsitiktinių emisijų pavojų.

3.7 lentelė. Jungtuvų parinkimas

Parinkimo sąlyga	Skaičiavimo duomenys	Duomenys iš katalogo
		Parinktas jungtuvas <i>GL 311 F1/4031 P</i>
$U_{ir} \leq U_N$	$U_{ir} = 110 \text{ kV}$	$U_N = 123 \text{ kV}$
$I_K^{(3)} \leq I_{NK}$	$I_K^{(3)} = 18 \text{ kA}$	$I_{NK} = 40 \text{ kA}$
$i_{sm} \leq i_t$	$i_{sm} = 32 \text{ kA}$	$i_t = 100 \text{ kA}$
$I_{d.f} \leq I_N$	$I_{d.f} = 126 \text{ A}$	$I_N = 3150 \text{ A}$



3.2 pav. Tripolis jungtuvas su stacionaria pavaros aptarnavimo aikštele

3.4. Skyriklių parinkimas

Skyrikliai skirti elementų, tokių kaip elektros mašinos, transformatoriai, linijos, jungtuvai, atskyrimui nuo įtampą turinčios elektros sistemos. Pagal polių skaičių skyrikliai gali būti vienpoliai ir tripoliai, pagal pastatymo vietą – vidaus ir lauko, pagal konstrukciją – įkertamojo, pasukamojo, svyruojančiojo, pantografinio ir kabamojo tipo. Skyriklių peiliai gali būti išdėstyti vertikaliai ir horizontaliai.

Šiame projekte numatomi parinkti dviejų rūšių tripoliai skyrikliai:

- skyrikliai su įžeminimo peiliais vienoje pusėje;
- skyrikliai be įžeminimo peilių.

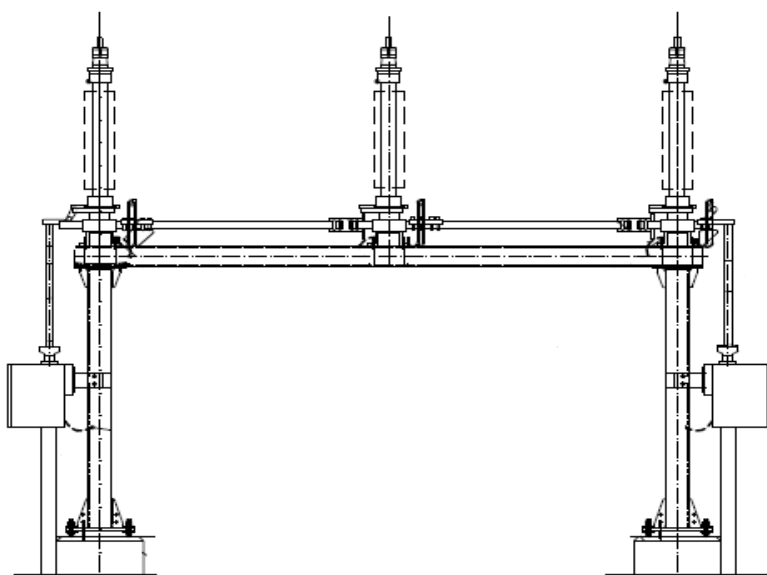
3.8 ir 3.9 lentelėse pateikiamos atitinkamų skyriklių parinkimo sąlygos, skaičiavimo duomenys ir duomenys iš katalogų.

3.8 lentelė. Skyrikliai su įžeminimo peiliais

Parinkimo sąlyga	Skaičiavimo duomenys	Duomenys iš katalogo
		Parinktas skyriklis <i>S2DAT</i>
$U_{\text{įr}} \leq U_N$	$U_{\text{įr}} = 110 \text{ kV}$	$U_N = 123 \text{ kV}$
$I_K^{(3)} \leq I_{NK}$	$I_K^{(3)} = 18 \text{ kA}$	$I_{NK} = 25 \text{ kA}$
$i_{sm} \leq i_t$	$i_{sm} = 32 \text{ kA}$	$i_t = 63 \text{ kA}$
$I_{d.f} \leq I_N$	$I_{d.f} = 126 \text{ A}$	$I_N = 1250 \text{ A}$

3.9 lentelė. Skyrikliai be įžeminimo peilių

Parinkimo sąlyga	Skaičiavimo duomenys	Duomenys iš katalogo
		Parinktas skyriklis <i>S2DA</i>
$U_{\text{įr}} \leq U_N$	$U_{\text{įr}} = 110 \text{ kV}$	$U_N = 123 \text{ kV}$
$I_K^{(3)} \leq I_{NK}$	$I_K^{(3)} = 18 \text{ kA}$	$I_{NK} = 25 \text{ kA}$
$i_{sm} \leq i_t$	$i_{sm} = 32 \text{ kA}$	$i_t = 63 \text{ kA}$
$I_{d.f} \leq I_N$	$I_{d.f} = 126 \text{ A}$	$I_N = 1250 \text{ A}$



3.3 pav. Tripolis skyriklis su vienu įžeminimo peiliu

3.5. Įtampos matavimo transformatorių parinkimas

Įtampos transformatoriai – įrenginiai, keičiantys įtampą iki patogios matuoti reikšmės. Įtampos transformatoriai įrengiami grandinėse, kur norima matuoti įtampą. Įtampos transformatoriai turi būti induktyvieji su dviem antrinėmis 0,2 tikslumo klasės apvijomis bei viena 3P tikslumo klasės apvija, skirta tik RAA grandinėms.

3.10 lentelė. Įtampos transformatoriai

Parinkimo sąlyga	Skaičiavimo duomenys	Duomenys iš katalogo
		Parinktas įtampos transformatorius <i>EJOF 123</i>
$U_{ir} \leq U_N$	$U_{ir} = 110 \text{ kV}$	$U_N = 123 \text{ kV}$

3.6. Atraminių izoliatorių parinkimas

Atraminiai izoliatoriai parenkami pagal šias sąlygas [4]:

$$U_{ir} \leq U_N;$$

$$F_{sk} \leq F_l;$$

čia F_{sk} – izoliatorių veikianti jėga;

$l = 18 \text{ m}$ – maksimalus atstumas tarp izoliatorių;

$a = 2 \text{ m}$ – atstumas tarp fazių;

$k_h = 1$ – kai šyna tvirtinama plokštuma. Pataisos koeficientas įvertina šynų išsidėstymą ant izoliatoriaus [4].

Skaičiuojama dinaminė jėga F :

$$F = \sqrt{3} \cdot i_{sm}^2 \cdot \frac{l}{a} \cdot 10^{-7}; \quad (3.11)$$

$$F = \sqrt{3} \cdot 32^2 \cdot 10^6 \cdot \frac{18}{2} \cdot 10^{-7} = 1,6 \text{ kN};$$

Atraminį izoliatorių veikianti jėga apskaičiuojama:

$$F_{sk} = k_h \cdot F = 1,6 \text{ kN}; \quad (3.12)$$

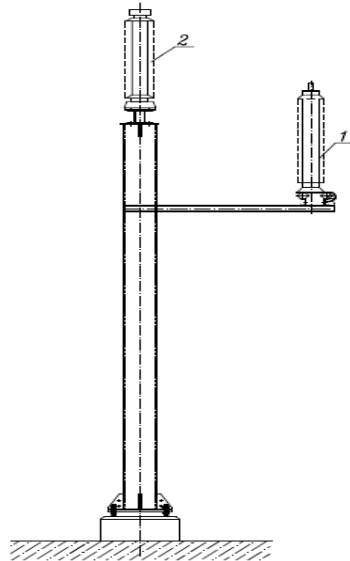
Surandama leistina izoliatorių veikianti jėga:

$$F_l = 0,6 \cdot F_s = 2,4 \text{ kN}; \quad (3.13)$$

čia F_s - izoliatoriaus suardymo jėga, kuri pateikiama kataloguose.

3.11 lentelė. Atraminių izoliatorių parinkimas

Parinkimo sąlyga	Skaiciavimo duomenys	Duomenys iš katalogo
		Parinktas izoliatorius <i>CH-550-II</i>
$U_{ir} \leq U_N$	$U_{ir} = 110 \text{ kV}$	$U_N = 110 \text{ kV}$
$F_{sk} \leq F_l$	$F_l = 2,4 \text{ kN}$	$F_s = 4 \text{ kN}$



3.4 pav. Atraminis izoliatorius ir viršitampių ribotuvas

čia 1 – viršitampių ribotuvas, 2 – atraminis izoliatorius.

4. SKIRSTYKLOS ĮRENGINIŲ ŽAIBOSAUGA

Žaibosauga – tai kompleksas priemonių, užtikrinančių žmonių, įvairių pastatų, įrengimų, medžiagų saugumą nuo sprogimo, gaisro, sugriovimo po žaibo smūgio (žaibui įtrenkus).

Žaibosaugos įrengimas vykdomas keliais etapais: projektuojant, montuojant ir eksploatuojant pastatus arba statinius. Sutinkamai su tarptautine praktika žaibosaugos sistemos skirstomos į:

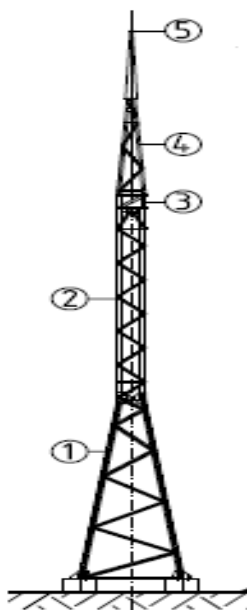
- išorinę apsaugą, t.y. apsaugą nuo tiesioginio žaibo smūgio, įskaitant žaibo priėmiklius, žaibo srovės nuvediklius, ekranus ir įžeminimą;
- vidinę apsaugą, t.y. apsaugą nuo aukšto potencialo indukavimo arba perdavimo bei žaibo elektromagnetinio impulso poveikio, vykdomą potencialų suvienodinimo sistemos pagalba, panaudojant impulsinių viršitampių iškroviklius ir ribotuvus.

Jautrūs viršitampiams yra serveriai, modamai, telekomunikacijų, relinės apsaugos, automatikos įranga. Didelės amplitudės viršitampių poveikio rezultatas – sugadinta elektroninė ir

elektrotechninė įranga, izoliacijos užsidegimas ir gaisro kilimo tikimybė. Impulsinių viršįtampių vertei turi įtakos tinklo pobūdis ir jo charakteristikos, atstumas tarp žaibo pataikymo vietos ir saugomos įrangos, įžeminimo tipas ir jo varža, vidaus tinklo šakotumas, maitinimo šaltinių parametrai.

Siekiant užtikrinti apsaugos nuo žaibo sistemos efektyvų veikimą ji turi būti teisingai ir patikimai sumontuota. Montuojant privalu kruopščiai įvykdyti projekte numatytus reikalavimus, tiksliai išlaikyti atstumus, laidininkų skerspjūvius, žaibo priėmiklių pastatymo vietas, aukščius iki galios ar duomenų perdavimo linijų ir kitų elementų.

Kiekvienas žaibolaidis sudaro aplink save griežtai apibrėžtą erdvę, į kurią žaibo smūgio patekimas beveik lygus nuliui. Teoriškai žaibo smūgio pataikymo tikimybė į žaibolaidžio apsaugos zoną yra lygi 1 procentui. Pastotėje naudojami strypiniai žaibolaidžiai, kurie yra statomi ant jau įrengtų paskirstymo įrenginių konstrukcijų (portalų), taip pat ant apšvietimo stulpų. Išdėstymas parenkamas toks, kad saugotų tam tikrą skirstyklos plotą reikiamame aukštyje.



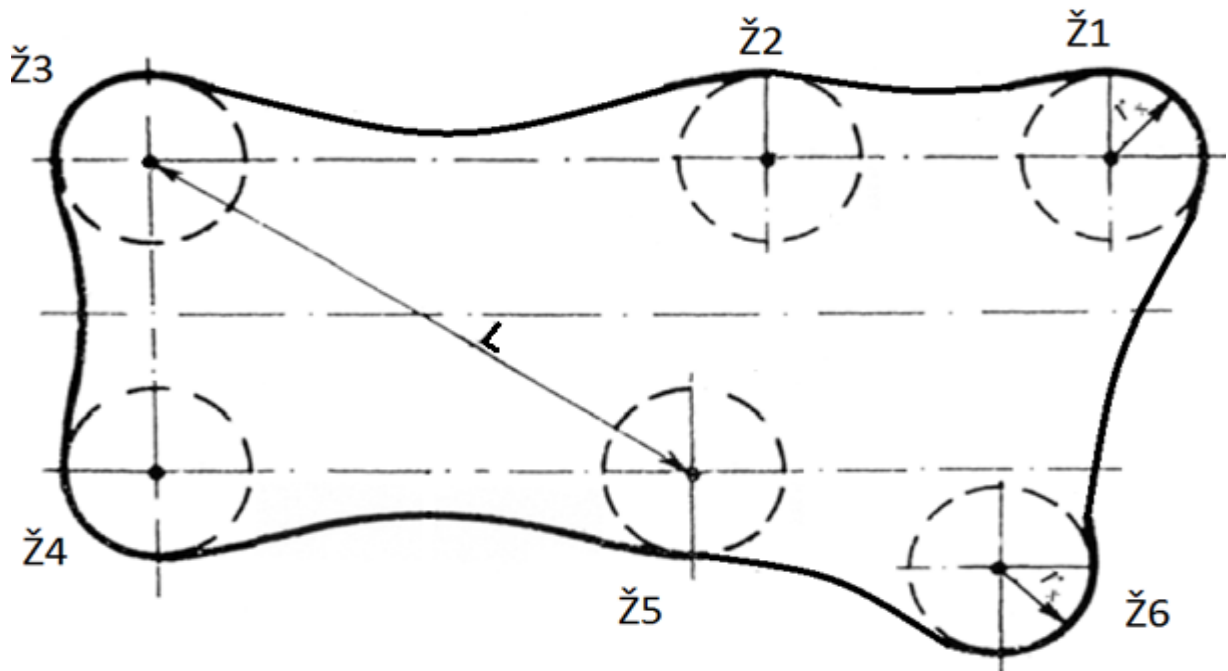
4.1 pav. Linijinis portalas su žaibolaidžiu

4.1 lentelė. Linijinio portalas su žaibolaidžiu konstrukciniai elementai

1	Apatinė atrama
2	Viršutinė atrama
3	Traversa
4	Žaibolaidžio atrama
5	Žaibolaidis

4.1. Žaibosaugos skaičiavimas

Pastotės 110 kV skirstyklos teritorijoje aparatai nuo tiesioginių žaibo smūgių apsaugomi įrengiant 4 stropinius žaibolaidžius, kurie yra statomi ant jau įrengtų paskirstymo įrenginių konstrukcijų (portalų). Be žaibolaidžių, ant portalų įrengiami papildomai du žaibolaidžiai – vienas ant apšvietimo bokšto, kitas ant skirstomųjų tinklų teritorijoje stovinčio ryšių bokšto.



4.2 pav. Žaibolaidžių išdėstymas skirstyklos teritorijoje

čia: r_x – saugomos zonos spindulys;

Ž1 – žaibolaidis įrengiamas ant skirstomųjų tinklų ryšių bokšto;

Ž2 – žaibolaidis įrengiamas ant „L-Panevėžys 1“ oro linijoje esančio portalo;

Ž3 – žaibolaidis įrengiamas ant „L-Žebertonys“ oro linijoje esančio portalo;

Ž4 – žaibolaidis įrengiamas ant „L-Surviliškis“ oro linijoje esančio portalo;

Ž5 – žaibolaidis įrengiamas ant „L-Truskava“ oro linijoje esančio portalo;

Ž6 – žaibolaidis įrengiamas ant apšvietimo bokšto.

Parenkamas 4 žaibolaidžių ant portalų ir žaibolaidžio ant apšvietimo bokšto aukštis, kuris yra lygus:

$$h = 19,3 \text{ m};$$

Aukštis, kuriame pastotė turi būti saugoma, yra ne mažesnis kaip:

$$h_x = 7 \text{ m}.$$

Norint patikrinti, ar keturi žaibolaidžiai, išdėstyti ant portalų, parinkti teisingai, reikia surasti maksimalų atstumą, per kurį gali būti nutolę du vienodo aukščio žaibolaidžiai, kurių saugomas aukštis (h_x) būtų ne mažesnis negu 7 metrai.

Jeigu pagal skirstyklos atsakingumą nenurodoma kitaip, tai skirstyklos apsauga nuo tiesioginio žaibo smūgio turi būti apsaugota pagal III apsaugos klasę.

4.2 lentelė. Sferos parametrų priklausomybė pagal apsaugos patikimumo klases [3]

Apsaugos klasė	Sferos spindulys R_c , m
I	20
II	30
III	45
IV	60

Didžiausio leistino atstumo L tarp vienodo aukščio žaibolaidžių ir žaibolaidžio aukščio priklausomybė:

$$L_{max} = 2\sqrt{R_C^2 - H_R^2 + 2H_R \cdot h - h^2}; \quad (4.1)$$

čia: H_R – aukštis iki sferos centro pagal apsaugos klases, kuris apskaičiuojamas:

$$H_R = R_C + k_r \cdot h_x; \quad (4.2)$$

k_r – atsargos faktorius (1,1 – 1,2);

Sferos spindulio R_C reikšmė paimama iš 4.2 lentelės ir yra lygi 45 m;

Atsargos faktorius pasirenkamas 1,15;

Tuomet pagal 4.2 formulę apskaičiuojamas aukštis iki sferos centro:

$$H_R = 45 + 1,15 \cdot 7 = 53 \text{ m};$$

Randamas didžiausias leistinas atstumas tarp vienodo aukščio žaibolaidžių (4.1 formulė):

$$L_{max} = 2\sqrt{45^2 - 53^2 + 2 \cdot 53 \cdot 19,3 - 19,3^2} = 60 \text{ m};$$

4.3 lentelė. Atstumai tarp žaibolaidžių

Žaibolaidžiai	Atstumas, m
Ž2-Ž3	28
Ž3-Ž4	54
Ž4-Ž5	18
Ž3-Ž5	57
Ž5-Ž2	55

Ž2-Ž4 – atstumas yra didesnis negu 60 metrų, tačiau, kaip parodyta 4.2 pav., Ž5 žaibolaidis yra arčiau Ž2, todėl apsaugos zona tarp Ž2-Ž4 yra nepaisoma.

Sąlyga yra tenkinama.

Parenkant apsaugos nuo žaibo sistemą sferos metodu būtina nustatyti išorines ribas saugomo objekto aukštyje ir zonos susiaurėjimo vietos plotį tarp dviejų gretimų žaibolaidžių.

Apsaugos zonos spindulys r_x aukštyje h_x apskaičiuojamas pagal formulę:

$$r_x = \sqrt{2R_C \cdot h - h^2} - \sqrt{2R_C \cdot h_x - h_x^2}; \quad (4.3)$$

Randamas visų penkių vienodo aukščio žaibolaidžių apsaugos zonos spindulys r_x :

$$r_x = \sqrt{2 \cdot 45 \cdot 19,3 - 19,3^2} - \sqrt{2 \cdot 45 \cdot 7 - 7^2} = 13 \text{ m};$$

Siauriausia saugomos zonos vieta tarp dviejų gretimų žaibolaidžių r_{cx} aukštyje h_x :

$$r_{cx} = \sqrt{2 \cdot R_C \cdot h - h^2 - L^2/4} - \sqrt{2 \cdot R_C \cdot h_x - h_x^2}; \quad (4.4)$$

Kadangi atstumas tarp Ž4-Ž5 žaibolaidžių yra mažesnis negu paties žaibolaidžio aukštis, šiai atkarpai siauriausia apsaugos zona neskaičiuojama.

Skaiciuojama siauriausia saugomos zonos vieta tarp Ž4-Ž5 žaibolaidžių:

$$r_{cx} = \sqrt{2 \cdot 45 \cdot 19,3 - 19,3^2 - 54^2/4} - \sqrt{2 \cdot 45 \cdot 7 - 7^2} = 3,6 \text{ m};$$

Skaiciuojama siauriausia saugomos zonos vieta tarp Ž2-Ž3 žaibolaidžių:

$$r_{cx} = \sqrt{2 \cdot 45 \cdot 19,3 - 19,3^2 - 28^2/4} - \sqrt{2 \cdot 45 \cdot 7 - 7^2} = 11 \text{ m};$$

Žaibolaidžio ant ryšių bokšto veikimo zona susijungia su Ž2-Ž4 žaibolaidžiais, kurių aukštis $h = 19,3 \text{ m}$.

Parenkamas žaibolaidžio, įrengto ant skirstomųjų tinklų ryšių bokšto, aukštis:

$$h_2 = 40 \text{ m};$$

Skaiciuojamas didžiausias leistinas atstumas tarp dviejų skirtingo aukščio žaibolaidžių:

$$L_{max} = L_1 + L_2; \quad (4.5)$$

$$h_1 = 19,3 \text{ m};$$

$$h_2 = 40 \text{ m};$$

Tuomet atstumas Δh randamas:

$$\Delta h = h_2 - h_1 = 20,7 \text{ m}; \quad (4.6)$$

$$L_1 = \sqrt{R_C^2 - (h_1 - H_R)^2}; \quad (4.7)$$

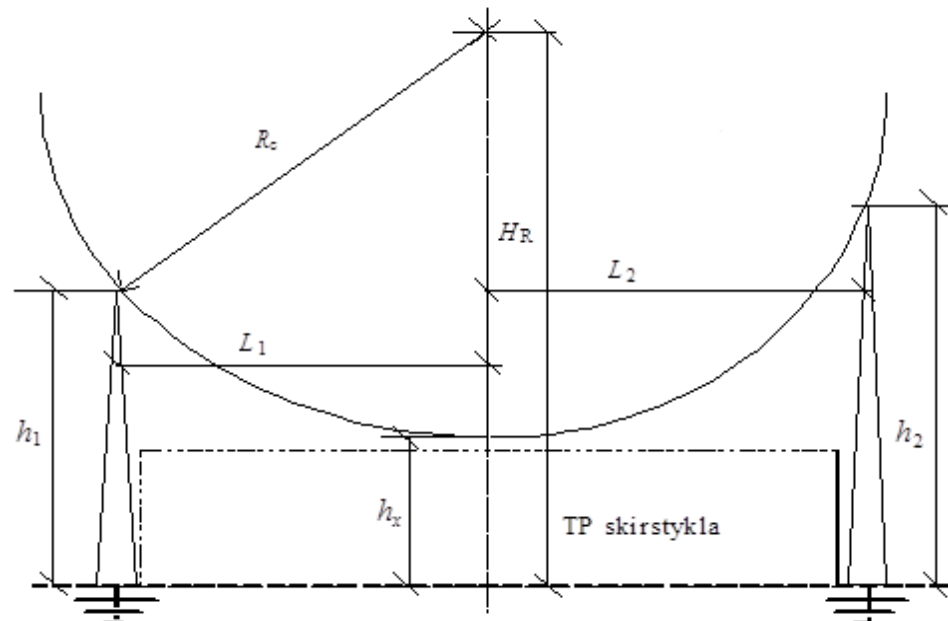
$$L_1 = \sqrt{45^2 - (19,3 - 53)^2} = 30 \text{ m};$$

$$L_2 = \sqrt{R_C^2 - (h_1 + \Delta h - H_R)^2}; \quad (4.8)$$

$$L_2 = \sqrt{45^2 - (19,3 + 20,7 - 53)^2} = 43 \text{ m};$$

Tuomet pagal 4.4 formulę randamas maksimalus leistinas atstumas:

$$L_{max} = 30 + 43 = 73 \text{ m};$$



4.3 pav. Skirtingo aukščio žaibolaidžių išdėstymo planas [3]

Kadangi atstumas tarp Ž1-Ž2 ir Ž1-Ž6 neviršija 73 m, sąlyga yra tenkinama.

Pagal 4.3 formulę suskaičiuojamas apsaugos zonos spindulys žaibolaidžiui Ž1 ($h = 40$ m):

$$r_x = \sqrt{2 \cdot 45 \cdot 40 - 40^2} - \sqrt{2 \cdot 45 \cdot 7 - 7^2} = 20,7 \text{ m};$$

Visi 6 žaibolaidžiai sudaro nenutrūkstamą apsaugos tinklą, į žaibolaidžių apsaugos zoną įeina visi 110 kV skirstyklos aparatai. Apsaugos zonos parodomos grafiniu metodu, žiūrėti „Priedas nr 3. 110 kV skirstyklos apsaugos nuo žaibo zonos“.

5. ĮŽEMINIMAS

Daugelio elektros įrenginių metaliniai korpusai normaliomis darbo sąlygomis įtampos neturi. Sugedus izoliacijai korpuse atsiranda įtampa, kuri gali būti pavojinga gyvybei. Prisilietus per žmogų pradeda tekėti srovė. Srovės poveikis priklauso nuo jos dydžio, trukmės, taip pat nuo tekėjimo kelio ir fizinės žmogaus būklės.

Viena iš pagrindinių priemonių, naudojamų apsaugoti žmones nuo elektros srovės poveikio prisilietus prie įrenginio, kuriame atsitiktinai atsirado įtampa, yra apsauginis įžeminimas.

Be apsauginio įžeminimo dar yra darbinis įžeminimas ir apsaugos nuo atmosferinių viršįtampių įžeminimas. Darbinis įžeminimas naudojamas tinkluose su įžeminta neutrале ir reikalingas tam, kad įrenginiai gerai veiktų normalaus darbo ir avarijos metu. Atskiras žaibolaidžių įžeminimas reikalingas elektros įrenginių apsaugai nuo tiesioginių atmosferinių išlydžių. Visi įžeminimo įrenginiai yra sujungiami į vieną įrenginį. [16]

Kontūrinį įžeminimo įrenginį sudaro elektrodų, jungiamų laidininkų, išlyginamojo tinklo ir įžeminimo laidininko visuma arba bet koks jų derinys. Paprastai įžeminimo įrenginys įrengiamas po įžeminamu objektu, po atvirąja ir uždaraąja skirstyklomis. Įžeminimo įrenginys gali būti įrengtas ir šalia pastato. Po uždarnosios skirstyklos arba pastato grindimis potencialą išlyginantis tinklas klojamas esant pavojingoms ir ypač pavojingoms sąlygoms. Dažniausiai tinklas daromas iš juostinio plieno.

Sudarant įžeminimo kontūrą vadovautasi „Elektros įrenginių įrengimo taisyklėmis“, todėl priimta, kad reikiama įžemiklio varža $R_{I\check{z}} = 0,5 \Omega$. Dirbtinių įžeminimų elementus (vamzdžius, juostas) reikia išdėstyti taip, kad įtampa žemės atžvilgiu būtų vienodai pasiskirsčiusi visoje elektros įrenginių užimamoje plokštumoje.

Pastotės tvora prie bendro įžeminimo kontūro nejungiama. Tvorą įžeminama variuotais 3 m ilgio elektrodais visame perimetre kas 25-50 m. Visi tvoros metaliniai elementai turi būti tarpusavyje sujungti.

5.1. Įžeminimo kontūro skaičiavimas

Apsauginio įžeminimo praktiniam skaičiavimui taikomas koeficiento panaudojimo metodas.

Sudarant Krekenavos TP 110 kV skirstyklos įžeminimo kontūrą, žinomi matavimo duomenys, reikalingi skaičiavimams:

savitoji grunto varža, kai gruntas yra molis, $\rho_t = 70 \Omega\text{m}$;

reikiama įžemiklio varža, $R_{iž} = 0,5 \Omega$;

vertikalaus elektrodo ilgis, $l_v = 5 \text{ m}$;

vertikalaus elektrodo plotis, $d = 0,015 \text{ m}$;

horizontalaus elektrodo ilgis, $l_h = 860 \text{ m}$;

horizontalaus elektrodo plotis, $b = 0,03 \text{ m}$;

įgilinimas nuo žemės paviršiaus, $t = 0,8 \text{ m}$;

pradinis įžemiklių skaičius vnt, $n = 30$.

Atsižvelgus į klimatinės sąlygas parenkami grunto varžos pataisos koeficientai [16]:

$$k_v = 1,4;$$

$$k_h = 2.$$

Tuomet perskaičiuojama savitoji grunto varža:

$$\rho_{sk.v} = \rho_t \cdot k_v; \quad (5.1)$$

$$\rho_{sk.v} = 70 \cdot 1,4 = 98 \Omega\text{m};$$

$$\rho_{sk.h} = \rho_t \cdot k_h; \quad (5.2)$$

$$\rho_{sk.h} = 70 \cdot 2 = 140 \Omega\text{m};$$

Vertikalojo elektrodo varžos skaičiavimas:

$$R_{v0} = \frac{\rho_{sk.v}}{2 \cdot \pi \cdot l_v} \left(\ln \frac{4 \cdot l_v}{d} + \frac{1}{2} \ln \frac{4 \cdot t + l_v}{4 \cdot t - l_v} \right); \quad (5.3)$$

$$R_{v0} = \frac{70}{2 \cdot 3,14 \cdot 5} \left(\ln \frac{4 \cdot 5}{0,015} + \ln \frac{4 \cdot 0,8 + 5}{4 \cdot 0,8 - 5} \right) = 11,47 \Omega;$$

Išnaudojimo koeficientas vertikaliems elektrodams, išdėstytiems kontūru, apskaičiuojamas:

$$\eta_v = \frac{0,97625}{\sqrt[3]{n}} + 0,07 \cdot a \cdot \sqrt[3]{n}; \quad (5.4)$$

$$\eta_v = \frac{0,97625}{\sqrt[3]{30}} + 0,07 \cdot a \cdot \sqrt[3]{30} = 0,421;$$

čia: $a = h/l$ santykis atstumo tarp elektrodų (h) ir jų ilgio (l), kuris apskaičiuojamas pagal formulę:

$$a = \frac{h}{l_v}; \quad (5.5)$$

$$a = \frac{5}{5} = 1;$$

Elektrodų skaičius buvo pasirinktas preliminarus, todėl yra tikslinamas, priėmus sąlygą, kad norima įžeminimo varža būtų lygi 0,5 Ω.

$$n' = \frac{R_{v0}}{R_i \cdot \eta_v}; \quad (5.6)$$

$$n' = \frac{11,47}{0,5 \cdot 0,421} = 53;$$

Surandama horizontalaus elektrodo varža.

$$R_{h0} = \frac{\rho_{sk.h}}{2 \cdot \pi^2 \cdot l_h} \ln \frac{8 \cdot D^2}{bt}; \quad (5.7)$$

$$R_{h0} = \frac{140}{2 \cdot 3,14^2 \cdot 860} \ln \frac{8 \cdot 860^2}{0,03 \cdot 0,8} = 0,259 \Omega;$$

Horizontaliosios juostos, kai vertikalieji elektrodai išdėstyti kontūru, išnaudojimo koeficientas apskaičiuojamas taip:

$$\eta_h = (a_1 + a_2 \cdot n + a_3 \cdot n^2) \cdot 1,03^a + (b_1 + b_2 \cdot n + b_3 \cdot n^2) \cdot a + (c_1 + c_2 \cdot n + c_3 \cdot n^2) \cdot a^2; \quad (5.8)$$

čia: $a_1, a_2, a_3, b_1, b_2, b_3, c_1, c_2, c_3$ – aproksimuojančios funkcijos koeficientai, kurių vertės pateikiamos 5.1 lentelėje.

5.1 lentelė. Aproksimuojančios funkcijos koeficientai

a_1	0,4677	b_1	$-6,9909 \cdot 10^{-3}$	c_1	$-2,5117 \cdot 10^{-2}$
a_2	$-7,0705 \cdot 10^{-3}$	b_2	$-1,2375 \cdot 10^{-3}$	c_2	$1,5215 \cdot 10^{-5}$
a_3	$3,9208 \cdot 10^{-5}$	b_3	$1,8127 \cdot 10^{-5}$	c_3	$-1,8332 \cdot 10^{-6}$

Suskaičiavus išnaudojimo koeficientas η_h yra lygus 0,169.

Patikslinta horizontalaus įžemiklio varža:

$$R_h = \frac{R_{h0}}{\eta_h}; \quad (5.9)$$

Tuomet:

$$R_h = \frac{0,259}{0,169} = 1,53 \Omega;$$

Ekvivalentinė vertikalojo elektrodo varža nuotėkio srovei tikslinama, įvertinus horizontaliųjų elektrodų varžą:

$$R'_v = \frac{R_h \cdot R_i}{R_h - R_i}; \quad (5.10)$$

Gauta patikslintoji vertikali varža:

$$R'_v = \frac{1,53 \cdot 0,5}{1,53 - 0,5} = 0,743 \Omega;$$

Apskaičiuojama viso įžeminimo kontūro atstojamoji varža:

$$R = \frac{R_{v0} \cdot R_h}{R_{v0} \cdot \eta_h + R_h \cdot \eta_v \cdot n}; \quad (5.11)$$

$$R = \frac{11,47 \cdot 0,259}{11,47 \cdot 0,169 + 0,286 \cdot 0,421 \cdot 30} = 0,457 \Omega;$$

Tikslus vertikaliųjų elektrodų skaičius skaičiuojamas pagal formulę:

$$n = \frac{R_{v0}}{R'_v \cdot \eta_v}; \quad (5.12)$$

Gautas tikslus vertikaliųjų elektrodų skaičius, kuris yra:

$$n = \frac{11,47}{0,743 \cdot 0,421} = 37;$$

Kadangi gauta viso įžeminimo kontūro atstojamoji varža nėra didesnė už $R_{iž}$, vadinasi, kontūras sudarytas teisingai. Įžeminimo kontūro brėžinį žiūrėti „Priedas nr 4. Skirstyklos įžeminimo kontūras“.

6. MODULINIS VALDYMO PUNKTAS

Rekonstruojamoje 110 kV skirstyklos teritorijoje įrengiamas valdymo blokas su jame sumontuota įranga technologiniams procesams valdyti, elektrinės infrastruktūros darbui atlikti. Įvertinamos savųjų reikmių apkrovos, kurios susideda iš valdymo pulto, projektuojamų patalpų galios ir apšvietimo tinklo sistemos, šildymo ir vėdinimo sistemos, lauko įrenginių šildymo, apšvietimo ir galios tinklo, ryšių įrenginių bei akumuliatorių baterijų įkroviklių, tam atvejui, jei atjungiamas transformatorių pastotė ir reikalingas avarinis apšvietimas, kuris maitinamas iš nuolatinės srovės akumuliatorių.

Valdymo punkte suprojektuota ši įranga:

- nuolatinės ir kintamos srovės skydas;
- akumuliatorių baterija su krovikliais;
- relinės apsaugos ir valdymo spintos;
- įvadinis paskirstymo skydelis;
- telekomunikacijų spinta;
- avarinio apšvietimo daviklis;
- temperatūros, gaisro signalizacijos davikliai.

Pateikiamas savųjų reikmių apkrovos skaičiavimas 6.1 lentelėje.

6.1 lentelė. Savųjų reikmių apkrovos

Eil. nr.	Pavadinimas	Įrenginių kiekis, vnt	Projektinė vieneto galia, kW	Apkrovos koeficientas	Projektinė galia, kW
VP, kitų patalpų elektros imtuvų maitinimas					
1.	Įkrovikliai, maitinantys NSSRS šynas ir akumuliatorių bateriją	2	5	0,5	5
2.	RAA spintų apšvietimas, ventiliacija, nerezervuotas maitinimas	11	0,015	0,7	0,116
3.	Apsauginė ir gaisrinė signalizacija	1	0,07	0,7	0,05
4.	110 kV ASI VP šildymas	2	2,5	0,4	2
5.	110 kV ASI VP vėdinimas, kondicionavimas	2	2	0,4	0,8
6.	110 kV ASI VP vėdinimas, kondicionavimas	10	0,05	0,7	0,35
7.	Patalpų galios bendro naudojimo kištukinių lizdų tinklas	5	0,4	0,2	0,4
Iš viso:					8,74
Atviros skirstyklos elektros imtuvų maitinimas					
1.	10 kV ASI pavarų ir gnybtų dėžių apšvietimas, šildymas, kištukiniai lizdai	60	0,07	0,5	2,1
2.	Elektros apskaitos spintos	3	0,03	0,7	0,063
3.	Bendras lauko apšvietimas	10	1	1	10
Iš viso:					12,16

IŠVADOS

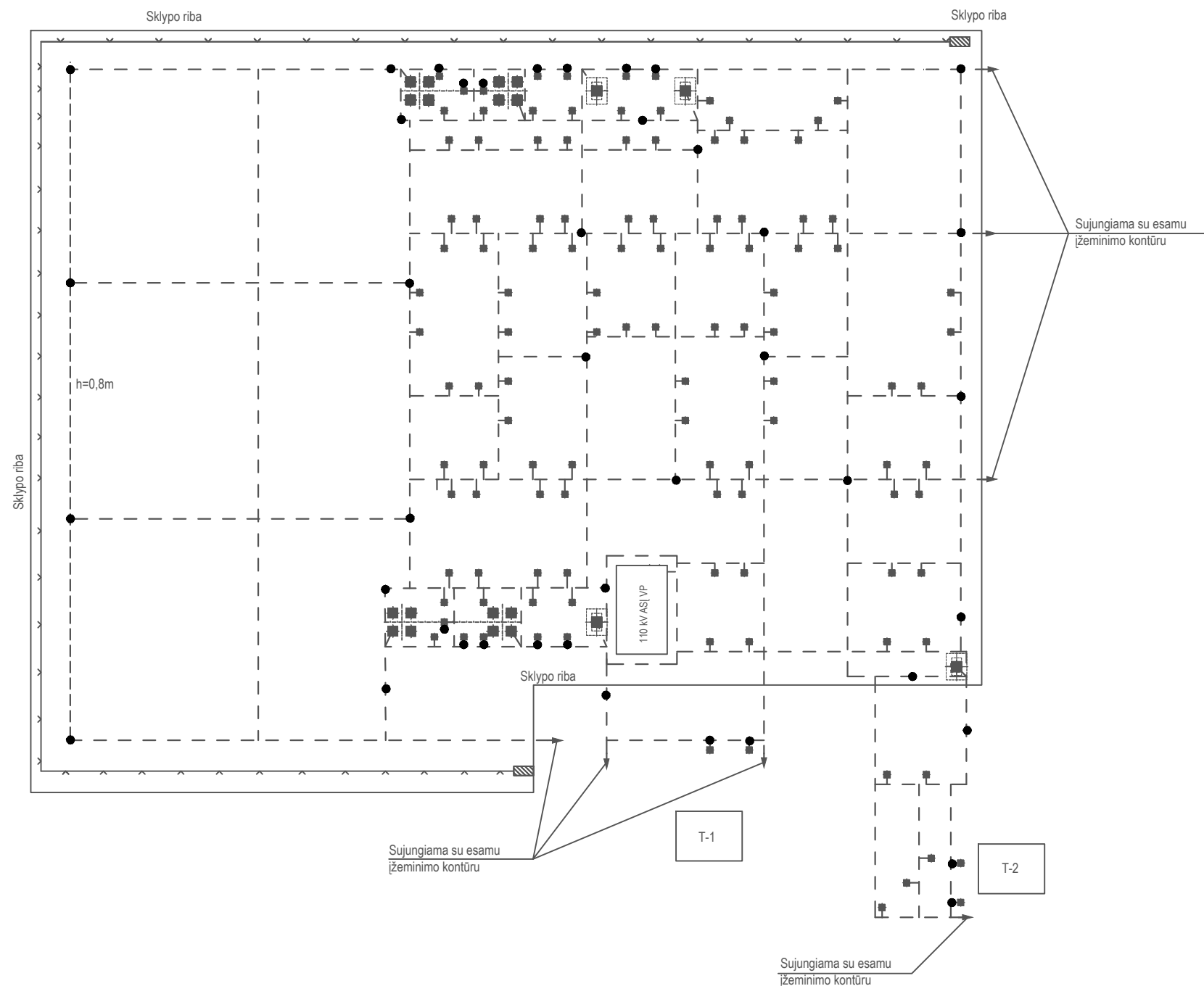
1. Krekenavos 110/35/10 kV TP 110 kV skirstyklos rekonstrukcija yra būtina dėl prastos techninės skirstyklos būklės. Įrenginių fizinis nusidėvėjimas, gedimų skaičiaus didėjimas, sudėtingas jų tvarkymas – pagrindinės rekonstrukcinio projekto priežastys.
2. Atsižvelgus į skirstyklos charakteristikas suskaičiuoti trumpieji jungimai 110 kV šynose, smūginė srovė ir kiti pagrindiniai parametrai, kurie yra reikalingi norint parinkti elektros įrenginius.
3. Skirstykloje keičiami įrenginiai: jungtuvai, skyrikliai, srovės ir įtampos transformatoriai, viršįtampių ribotuvai, atraminiai izoliatoriai, kurie parinkti pagal vardinę srovę, maksimalius galimus viršįtampius, smūginę srovę, suminę trifazio trumpojo jungimo srovę, nominalią įtampą.
4. Apskaičiuota ir grafiškai pavaizduota skirstyklos žaibosauga, sauganti elektros įrenginius nuo žaibo išlydžių. Skirstyklos teritorijoje pastatyti penki 19,3 m žaibolaidžiai ir vienas 40 m žaibolaidis, esantis ant ryšių bokšto. Šie žaibolaidžiai sudaro nenutrūkstamą apsaugos zoną ir apima visus 110 kV skirstyklos įrenginius.
5. Atliktas įžeminimo kontūro skaičiavimas. Sudaryto kontūro varža $R = 0,457 \Omega$, kuri neviršija leistinosios $0,5 \Omega$ varžos. Gautas galutinis vertikalių elektrodų skaičius $n = 37$, kurių ilgis yra 5 m.

LITERATŪRA

1. Baublys, J. *Aukštos įtampos elektros įrenginių izoliacinių medžiagų savybės*. Vilnius, 2007.
2. Baublys, J., Jankauskas, P., Markevičius, L. A., Morkvėnas, A. *Izoliacija ir viršįtampiai. Vadovėlis*. Kaunas, 2008.
3. Baublys, J., Gudžius, S., Jankauskas, P., Markevičius, L., Morkvėnas, A. *Žaibas. Apsauga nuo žaibo. Monografija*. Vilnius, 2006.
4. Deksnys, R. P., Staniulis, R., Miškinis, V. *Elektrinių ir pastočių elektrinė dalis. Kursinis projektavimas: mokomoji knyga*. Kaunas, 2014.
5. *Elektros įrenginių įrengimo taisyklės: norminis teisės aktas*. Vilnius, 2000.
6. Gečys, S. *Elektros įrenginių patikimumas ir eksploatacija*. Kaunas, 2005.
7. Nargėlas, A. *Relinė apsauga ir automatika*. Kaunas, 2010.
8. Svinkūnas, G. *Elektros energetika. Paskaitų konspektas*. Kaunas, 2008.
9. Svinkūnas, G., Navickas, A. *Elektros energetikos pagrindai: mokomoji knyga*. Kaunas, 2013.
10. *Apsaugų nuo viršįtampių žemos įtampos grandinėse parinkimo ir instaliavimo instrukcija. Techninė informacija* [interaktyvus] [žiūrėta 2015 m. gegužės 09 d.]. Prieiga per internetą: http://www.lanza.lt/docs/Virsit_montav_INSTRUKCIJA.pdf
11. *High voltage products* [interaktyvus] [žiūrėta 2015 m. gegužės 07 d.]. Prieiga per internetą: <http://www.energy.siemens.com/hq/en/power-transmission/high-voltage-products/>
12. *Outdoor post insulators IEC* [interaktyvus] [žiūrėta 2015 m. gegužės 05 d.]. Prieiga per internetą: http://www.zapel.com.pl/gfx/zapel2/userfiles/_public/32.pdf
13. *Potencialų išlyginimas, ekranavimas, įžeminimas*. [interaktyvus] [žiūrėta 2015 m. gegužės 14 d.]. Prieiga per internetą: http://www.leka.lt/sites/default/files/dokumentai/12_energijos_erdves_pdf.pdf
14. *Skirstomųjų elektros tinklų planavimas*. [interaktyvus] [žiūrėta 2015 m. balandžio 22 d.]. Prieiga per internetą: <http://www.lesto.lt/Content/Files/2717.pdf>
15. *Voltage instrument transformers*. [interaktyvus] [žiūrėta 2015 m. gegužės 08 d.]. Prieiga per internetą: <http://www.contragent.com/?cid=21&cat=152&pid=336>
16. *Žaibolaidžiai. Įžeminimas. Viršįtampiai*. [interaktyvus] [žiūrėta 2015 m. gegužės 12 d.]. Prieiga per internetą: <http://remontogidas.lt/images/elektra/aibolaid%C5%BEiai.%20%C4%AF%C5%BEeminimas.%20vir%C5%A1%C4%AFtampiai.%20www.remontogidas.lt.pdf>

PRIEDAI

1. PRIEDAS. 110 kV skirstyklos vienlinijinė schema.
2. PRIEDAS. Pjūvis per Panevėžys 1 liniją
3. PRIEDAS. 110 kV skirstyklos apsaugos nuo žaibo zonos
4. PRIEDAS. Skirstyklos įžeminimo kontūras

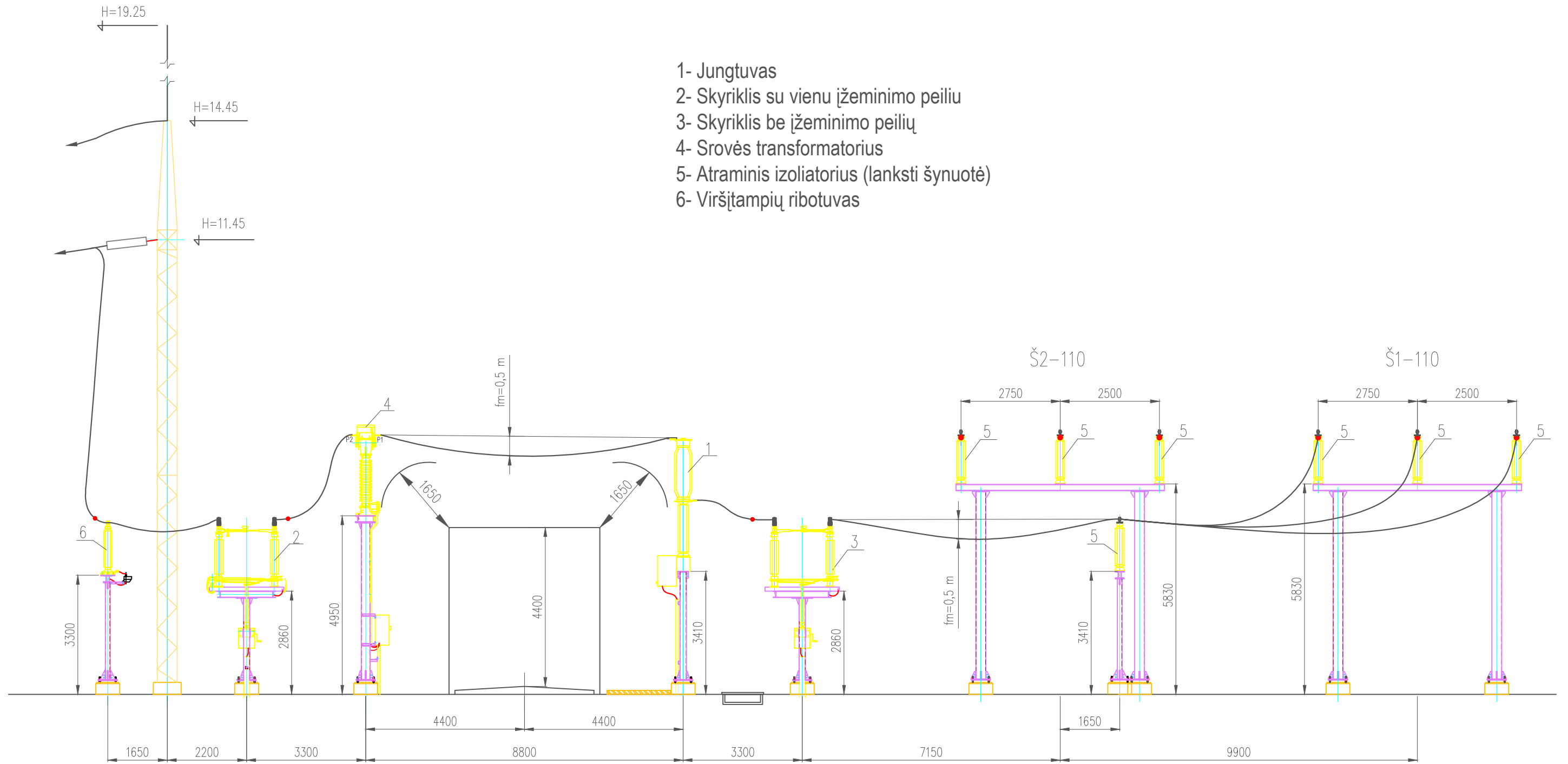


1. Įžeminimo įrenginio elementai ir susikirtimo taškai žemėje sujungiami suvirinimo būdu.
2. Pastotės teritorijoje įžeminimo laidininkas klojamas 0,8 m gylyje.
3. Visi atviroje skirstykloje esantys skydai, gnybtų dėžės ir spintos turi būti įžeminti.
4. Projektuojamas įžeminimo įrenginys su išorine tvora nesujungiamas ir klojamas ne arčiau kaip 2 m iki jos.
5. Įžeminimo įrenginio varža bet kuriuo metų laiku neturi viršyti 0,5 omo.
6. Įžeminimo kontūras išeinantis iš už 110 kV atviros skirstyklos ribų yra sujungiamas su jau esamu TP įžeminimo kontūru.
7. Visi tvoros metaliniai elementai turi būti tarpusavyje sujungti ir keliose vietose įžeminti 3 m elektrotais, kalamais į gruntą kas 20-50 m ties aptvaros stulpeliais.

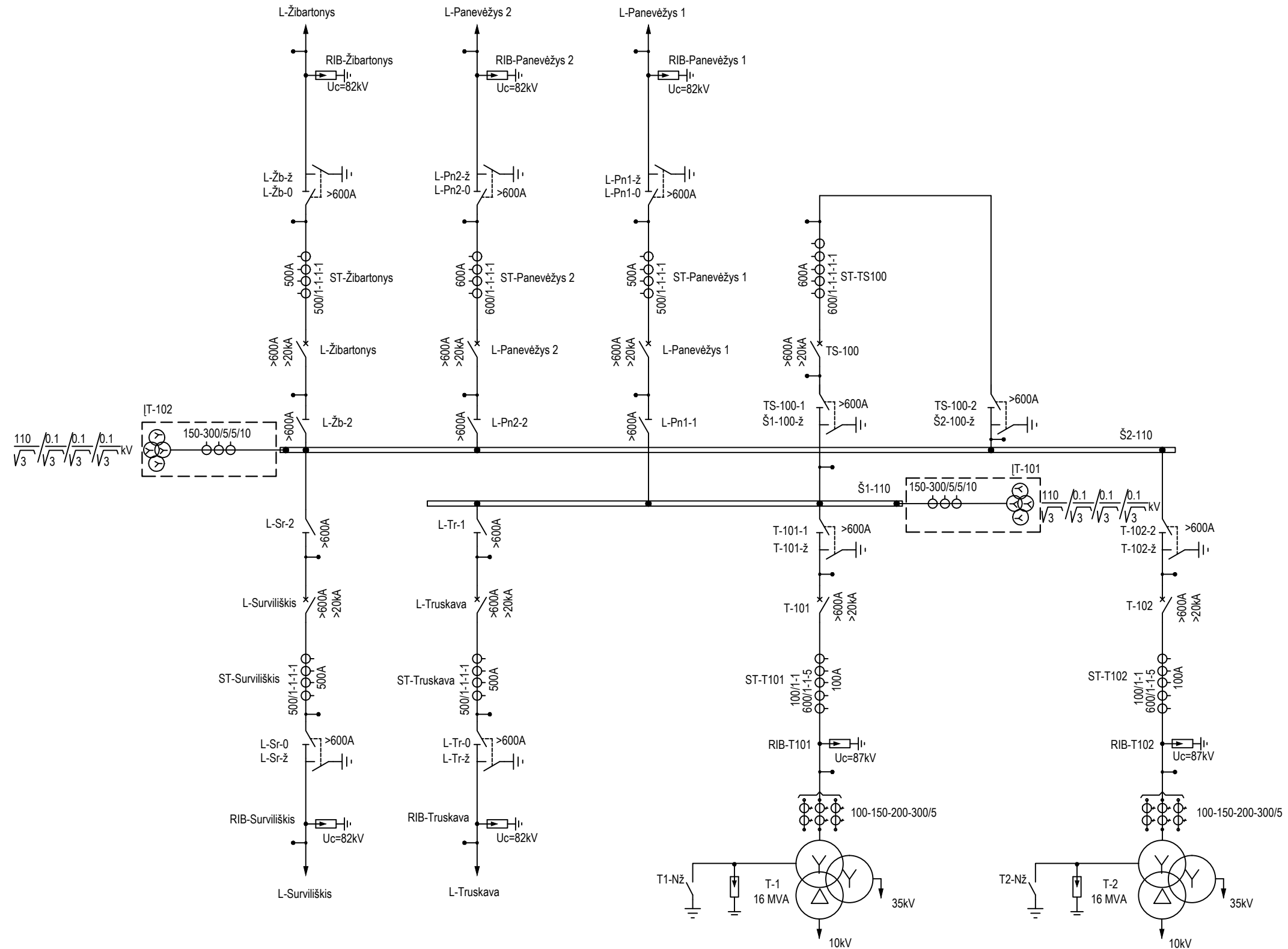
- ∇ ∇ ∇ - Išorės tvora
- - - - - Karštai cinkuota įžeminimo juosta
- - Vertikalūs elektrodai, n = 37
- - Įrenginių įžeminimo taškai

Grupė	KTU Elektros ir elektronikos fakultetas			110/35/10 kV transformatorių pastotės 110 kV skirstyklos rekonstrukcija	
EAE-1/1	Studentas	K.Domantas	2015-05	4 PRIEDAS. Skirstyklos įžeminimo kontūras	
				Laida	0
Stadija	Elektros energetikos sistemų katedra			Lapas	Lapų
BBD	Studentų g. 48, Kaunas			2015-BBD-EESK	4 4

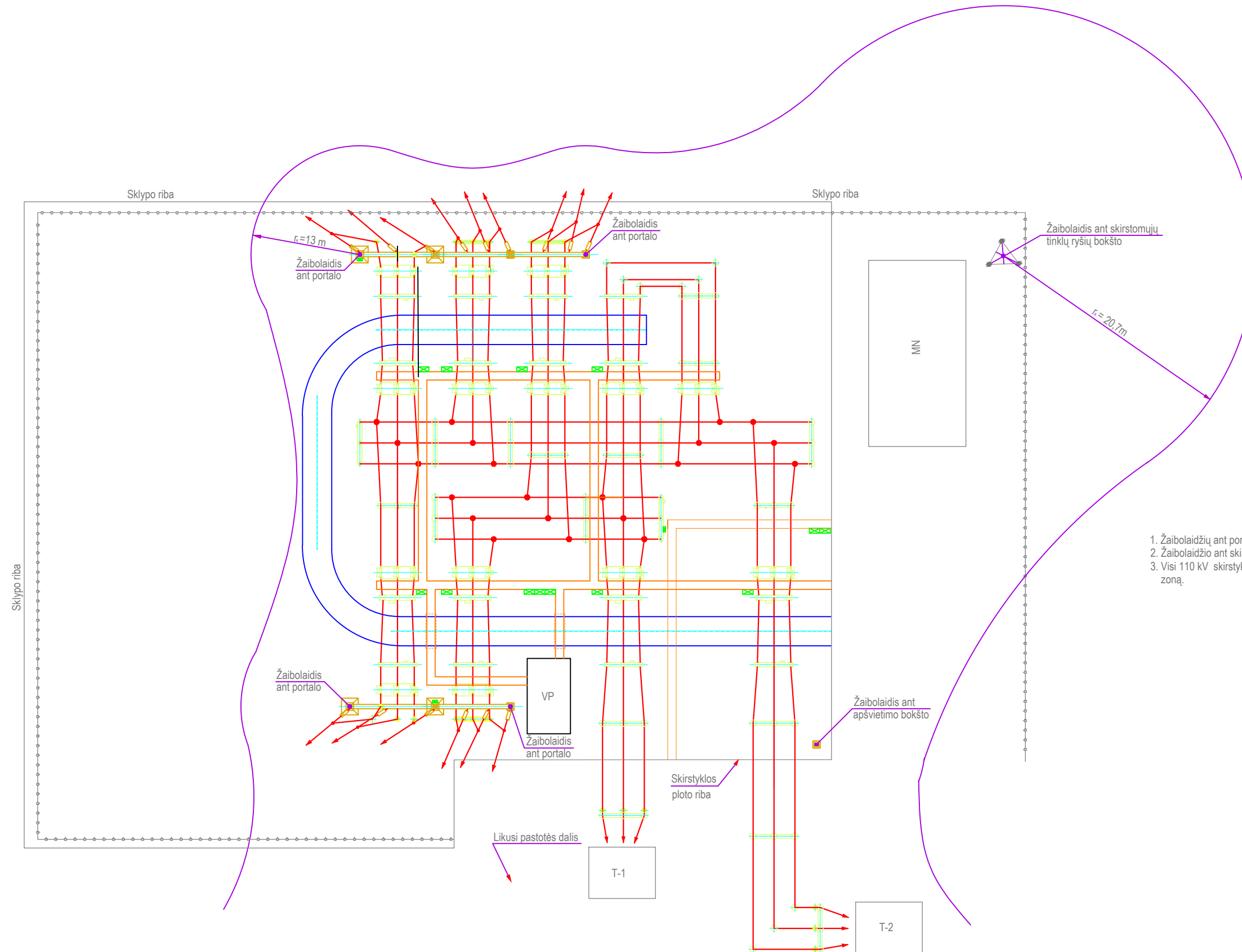
- 1- Jungtuvas
- 2- Skyriklis su vienu įžeminimo peiliu
- 3- Skyriklis be įžeminimo peilių
- 4- Srovės transformatorius
- 5- Atraminis izoliatorius (lanksti šynuotė)
- 6- Viršįtampių ribotuvas



Grupė	KTU Elektros ir elektronikos fakultetas			110/35/10 kV transformatorių pastotės 110 kV skirstyklos rekonstrukcija	
EAE-1/1	Studentas	K.Domantas	2015-05	2 PRIEDAS. Pjūvis per Panevėžys 1 liniją M 1:100	
Stadija	Elektros energetikos sistemų katedra			Lapas	Lapų
BBD	Studentų g. 48, Kaunas			2015-BBD-EESK	2 4



Grupė	KTU Elektros ir elektronikos fakultetas			110/35/10 kV transformatorių pastotės 110 kV skirstyklos rekonstrukcija	
EAE-1/1	Studentas	K.Domantas	2015-05	1 PRIEDAS. 110 kV skirstyklos vienlinijinė schema	
Stadija	Elektros energetikos sistemų katedra			Lapas	Lapų
BBD	Studentų g. 48, Kaunas			2015-BBD-EESK	1 4



1. Žaibolaidžių ant portalų ir žaibolaidžio ant apšvietimo bokšto aukštis $h = 19,3$ m.
2. Žaibolaidžio ant skirstomųjų tinklų ryšių bokšto aukštis $h = 40$ m.
3. Visi 110 kV skirstyklos plote esantys įrenginiai patenka į žaibolaidžių saugomą zoną.

Grupė	KTU Elektros ir elektronikos fakultetas			110/35/10 kV transformatorių pastotės 110 kV skirstyklos rekonstrukcija	
EAE-1/1	Studentas	K.Domantas	2015-05	3 PRIEDAS. 110 kV skirstyklos apsaugos nuo žaibo zonos	
Stadija	Elektros energetikos sistemų katedra			Lapas	Lapų
BBD	Studentų g. 48, Kaunas			2015-BBD-EESK	3 4