



KAUNO TECHNOLOGIJOS UNIVERSITETAS
ELEKTROS IR ELEKTRONIKOS FAKULTETAS

Vytautas Remeikis

ŠAKYNOS 110/10 kV TRANSFORMATORIŲ PASTOTĖS 110 kV
SKIRSTYKLOS REKONSTRAVIMAS

Baigiamasis bakalauro projektas

Vadovas
Dokt. Vidmantas Tička

KAUNAS, 2015

KAUNO TECHNOLOGIJOS UNIVERSITETAS
ELEKTROS IR ELEKTRONIKOS FAKULTETAS
ELEKTROS SISTEMŲ KATEDRA

**ŠAKYNOS 110/10 kV TRANSFORMATORIŲ PASTOTĖS 110 kV
SKIRSTYKLOS REKONSTRAVIMAS**

Baigiamasis bakalauro projektas

Atsinaujinančioji energetika (612E33001)

Vadovas

Dokt. Vidmantas Tička

Recenzentas

Doc. Dr. A. Bandza

Projektą atliko

Vytautas Remeikis

2015-05-17

KAUNAS, 2015



KAUNO TECHNOLOGIJOS UNIVERSITETAS

Elektros ir elektronikos fakultetas

(Fakultetas)

Vytautas Remeikis

(Studento vardas, pavardė)

Atsinaujinančioji energetika, 612E33001

(Studijų programos pavadinimas, kodas)

Baigiamojo projekto „Šakynos 110/10 kV transformatorių pastotės 110 kV skirstyklos rekonstravimas“

AKADEMINIO SAŽININGUMO DEKLARACIJA

20 15 m. Gegužės 18 d.
Kaunas

Patvirtinu, kad mano **Vytauto Remeikio** baigiamasis projektas tema „Šakynos 110/10 kV transformatorių pastotės 110 kV skirstyklos rekonstravimas“ yra parašytas visiškai savarankiškai, o visi pateikti duomenys ar tyrimų rezultatai yra teisingi ir gauti sąžiningai. Šiame darbe nei 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 nesažiningumo faktui, man bus taikomos nuobaudos, remiantis Kauno technologijos universitete galiojančia tvarka.

(vardą ir pavardę įrašyti ranka)

(parašas)

Remeikis Vytautas. Šakynos 110/10 kV transformatorių pastotės 110 kV skirstyklos rekonstravimas. Bakalaurinis baigiamasis projektas / vadovas dokt. Vidmantas Tička;
Kauno technologijos universitetas, Elektros ir elektronikos fakultetas, Elektros sistemų katedra.
Kaunas, 2015. 43 psl.

SANTRAUKA

Bakalauro studijų baigiamojo darbo užduotis yra Šakynos 110/10 kV transformatorių pastotės 110 kV skirstyklos rekonstrukcija. Šakynos TP maitinama dvejomis oro linijomis. Pagrindiniai pastotės įrenginiai yra nusidėvėję ir negali veikti tinkamai. Siekiant modernizuoti šią pastotę seni įrenginiai keičiami naujais.

Jungtuvai, skyrikliai, įtampos ir srovės matavimo transformatoriai parinkti atsižvelgiant į trumpųjų jungimų skaičiavimus, nominalius parametrus ir kitokius kriterijus. Apskaičiuojamos žaibolaiždių pastatymo vietos, kad saugotų transformatorinę pastotę nuo žaibo išlydžių. Naudojantis transformatorinės pastotės parametrais projektuojama įžeminimo konstrukcija. Įžeminimo konstrukcija patikrinama pagal leistiną įžeminimo varžą.

Pastotės rekonstrukcija turėtų padidinti patikimumą ir elektros perdavimo efektyvumą.

Remeikis Vytautas. Reconstruction of 110 kV Switchyard in 110/10kV Šakyna Transformer Substation. Final project of bachelor/ supervisor Vidmanats Tička; Kaunas University of Technology, Faculty of Electrical and Electronics Engineering, department of Electric Power System.

Kaunas, 2015. 43 p.

SUMMARY

Final degree project task is to reconstruct 110 kV switchyard in the 110/10 kV Šakyna transformer substation. This substation is supplied by two 110 kV air power lines. Prime mechanisms do not serve proper work in the electric power system. Therefore, they have to be replaced with new equipment.

Circuit breakers, disconnectors, voltage and current transformers are selected according to nominal, short circuit current and other conditions. Lightning conductor place are calculated to protect transformer station from lightning discharge. Connection to earth structure design is based on transformer substation parameters. This structure has to correspond to regulated earth resistance value.

Reconstruction of the substation should increase the reliability and efficiency of electricity transmission.

TURINYS

ILIUSTRACIJŲ SĄRAŠAS	7
LENTELIŲ SĄRAŠAS	8
ĮVADAS	9
1. OBJEKTO CHARAKTERISTIKA.....	10
1.1. Klimatiniai duomenys.....	11
2. PAGRINDINIAI SPRENDIMAI IR DARBŲ VYKDYMO EILIŠKUMAS	12
3.KONSTRUKCINĖ DALIS.....	13
4. TRUMPŲJŲ JUNGIMŲ SKAIČIAVIMAS	15
5. JUNGTVŲ PARINKIMAS	18
5.1. Jungtuvo tikrinimas	20
6. SKYRIKLIŲ PARINKIMAS IR TIKRINIMAS	22
7. 110 kV ĮTAMPOS ŠYŅŲ PARINKIMAS.....	23
8. MATAVIMO TRANSFORMATORIŲ PARINKIMAS	25
8.1. Matavimo transformatorių paskirtis.....	25
8.2. Srovės matavimo transformatoriai.....	26
8.3. 110 kV srovės transformatoriaus parinkimas	27
8.4. Įtampos matavimo transformatoriai	29
8.5. 110 kV įtampos transformatoriaus parinkimas	30
9. APSAUGA NUO VIRŠĮTAMPIŲ	32
9.1. Viršįtampių ribotuvų paskirtis	32
9.2. Viršįtampių ribotuvų parinkimas.....	32
10. 110kV SKIRSTYKLOS ĮŽEMINIMO KONTŪRAS	37
10.1. Įžeminimo varžos skaičiavimas	38
11. ŽAIBOSAUGA.....	40
11.1. Išorinės statinių apsaugos nuo žaibo klasifikavimas.....	40
11.2. Žaibosaugos skaičiavimai 110 kV skirstyklai	40
IŠVADOS.....	43
LITERATŪROS SĄRAŠAS.....	44
PRIEDAI.....	45

ILIUSTRACIJŲ SĄRAŠAS

1.1 pav. 110/10 kV Šakynos TP padėtis	10
4.1 pav. Trumpųjų jungimų ekvivalentinė schema	15
5.1 pav. 110kV trifazis jungtuvas su SF ₆ dujomis	18
5.1.1 pav. Aperiodinės ir periodinės srovės santykio vardinis koeficientas	21
8.2.1 pav. Srovės transformatoriaus žymėjimo būdas ir prijungimo schema	26
8.4.1 pav. Įtampos matavimo transformatoriai	29
8.5.1 pav. EJTOF 123 tipo kombinuotas srovės/įtampos transformatorius	31
9.2.1 pav. 2 klasės viršįtampių ribotuvas	36
9.2.2 pav. 3 klasės viršįtampių ribotuvas	36
11.2.1 pav. Vieno stiebo žaibolaidžio apsaugos zona	41

LENTELIŲ SĄRAŠAS

3.1 lentelė 110/10 kV galios transformatoriaus duomenys	13
5.1 lentelė. Dujinio jungtuvo techniniai parametrai	19
5.1.1 lentelė. Jungtuvo tikamumo sąlygos	21
6.1 lentelė S2DAT tipų skyriklių specifikacijos	22
8.1.1 lentelė. Matavimo transformatorių paskirtis ir tikslumo klasės.	25
8.3.1 lentelė. Srovės transformatoriaus antrinių apvijų galios parinkimas	28
8.3.2 lentelė. Srovės transformatoriaus antrinių apvijų techninės charakteristikos	29
8.5.1 lentelė. Kombinuoto matavimo transformatoriaus specifikacijos.	30
9.1.1 Ribotuvų apsaugos klasės	32
9.2.1 lentelė. Viršįtampių ribotuvai	35
10.1 lentelė. Įžeminimo kontūro sudedamosios dalys	38
10.1.1 lentelė. Įžeminimo elementų įžeminimo varžos	39
11.1.1 lentelė. Statinių apsaugos klasės ir jų apsaugos patikimumas	40
11.2.1 lentelė. Vieno stiebo apsaugos zonos matmenų skaičiavimas	42

IVADAS

Elektros sistemą sudaro trys pagrindiniai komponentai: elektros energijos generavimo šaltinis, elektros tinklai ir galutinis vartotojas. Tam, kad elektrą perduoti dideliais atstumais statomos perdavimo linijos. Norint elektros energija paskirstyti vartotojams, statomas skirstomasis tinklas. Tarpe, tarp perdavimo ir skirstomojo tinklo, įrengiamos transformatorinės pastotės, kurios transformuoja energija iš aukštesnės įtampos į žemesnę arba priešingai. Transformatorinėse pastotėse montuojama daug elektros įrenginių, kurie užtikrina tinkamą elektros apskaitą, efektyvų paskirstymą, bei nenutrūkstamą tiekimą.

Taigi, pagrindinė elektros tinklų funkcija yra nepertraukiamas elektros tiekimas vartotojams. Jį galima užtikrinti tik tuomet, kai elektros tinklo įrengimai yra tinkamai parinkti, nenusidėvėję ir laiku pakeisti arba suremontuoti. Šiuo metu elektros tinkluose yra nemažai transformatorių pastočių, linijų ir kitų įrengimų, kurių patikimumas nėra pakankamas dėl jų nusidėvėjimo ir morališko pasenėjimo. Šakynos transformatorinės pastotės 110 kV skirstykla taip pat morališkai ir fiziškai nusidėvėjusi, todėl, norint užtikrinti efektyvų ir patikimą elektros tiekimą, reikia atlikti rekonstrukciją.

Darbo tikslas: Rekonstruoti Šakynos 110/10 kV transformatorių pastotės 110 kV skirstyklą.

Baigiamojo darbo uždaviniai:

- Išsiaiškinti objekto charakteristikas;
- Paskaičiuoti trumpuosius jungimus;
- Parinkti jungtuvus ir skyriklius;
- Parinkti 110 kV šyną;
- Parinkti srovės ir įtampos matavimo transformatorius;
- Paskaičiuoti trumpuosius jungimus;
- Apskaičiuoti žaibosaugą ir įžeminimą.

1. OBJEKTO CHARAKTERISTIKA

Rekonstruojamas objektas yra Šiaulių raj. sav. Šakynos sen. Šakynos mstl. Rasos g. 2A. (1.1 pav.). Šiuo metu Šakynos transformatorių pastotės (toliau TP) 110 kV skirstyklos eksploatuojama technologinė įranga yra pasenusi, sumontuota ant gelžbetoninių atraminių konstrukcijų, kurios yra nusidėvėjusios ir neatsparios atmosferinių veiksnių poveikiui, todėl siekiant užtikrinti elektros energijos tiekimo patikimumą, Šakynos seniūnijoje ir aplinkiniuose rajonuose reikalinga 110 kV skirstyklos įrenginių ir atraminių konstrukcijų keitimas naujais šiuolaikiškais, patikimais ir eksploatacijos atžvilgiu ekonomiškais įrenginiais.

Transformatorinė pastotė maitinama dvejomis linijomis:

- 110 kV oro linija L – Gruzdžiai;
- 110 kV oro linija L – Naujoji Akmenė

Bendras pastotės plotas yra 678 m²



1.1 pav. 110/10 kV Šakynos TP padėtis

1.1. Klimatiniai duomenys.

Rekonstruojant 110 kV oro linijas klimatinės sąlygos priimtos pagal linijos statybos metu galiojančius klimatinius normatyvus:

- Normatyvinis vėjo slėgis faziniams laidams 400 Pa (vėjo greitis 25 m/s);
- Normatyvinis vėjo slėgis apsauginiam trosui 540 Pa (vėjo greitis 29 m/s);
- Vidutinė metinė oro temperatūra +5,0 °C;
- Oro temperatūros maksimumas +35°C;
- Oro temperatūros minimumas -40°C;
- Oro temperatūra perkūnijos metu +15 °C;
- Santykinis oro metinis drėgnumas 80%.

2. PAGRINDINIAI SPRENDIMAI IR DARBŲ VYKDYMO EILIŠKUMAS

Norint rekonstruoti Šakynos TP 110 kV skirstyklą būtina užtikrinti, kad Šakynos seniūnijos vartotojai neliktų be elektros tiekimo, todėl rekonstrukcijos darbai atliekami dviem etapais:

Pirmas etapas:

1. Skirstomojo tinklo operatoriaus 10 kV linijos rezervavimas atlikus operatyvinius perjungimus ir maitinimą gaunant iš kitų rajoninių pastočių.
2. 110 kV oro linijų Gruzdžiai ir Naujoji Akmenė sujungimas tarpusavyje sumontuojant laikiną tarpatramį tarp galinių šių linijų atramų.
3. Rekonstruoti 110 kV skirstyklos įrenginius.

Antras etapas:

- 1) Pastatyti valdymo pultą (šiam bakalauriniame darbe jo struktūros nenagrinėsime).
- 2) Sumontuoti naujus 110 kV skirstyklos įrenginius.
- 3) Prijungti 110 kV oro linijas, įrenginius sujungti pagal norimą schemą (Schema pateikta 1 priede).

3.KONSTRUKCINĖ DALIS

Visas 110 kV skirstyklos įrenginių atramines gelžbetonines konstrukcijas numatoma keisti į metalinius.

Oro linijoms Gruzdžiai – Šakyna ir Naujoji Akmenė – Šakyna nuo galinių atramų iki naujų atraminių izoliatorių, sumontuojami nauji analogiški AS- 240/39 faziniai laidai.

Įrengiami 110 kV skyrikliai su vienu įžeminimo peiliu. Įžeminimo peiliai įrengiami linijoms, kitose šynuotės vietose numatomi gnybtai kilnojamiems įžemikliams įrengti.

110 kV jungtuvai bus statomi taip, kad dujų slėgio manometrai ir pavaros būtų kanalų pusėje, o skyriklių pavarų montavimo aukštis 1,3-1,6 m.

Įrenginiai parenkami pagal techninius reikalavimus ir turi būti montuojami vadovaujantis gamyklinėmis įrenginių montavimo instrukcijomis, taip pat ir „Elektros įrenginių įrengimo taisyklių“ reikalavimais.

110 kV atviro tipo įrenginiai montuojami ant plieninių karštai cinkuotų metalo konstrukcijų, pastatytų ant gelžbetoninių pamatų.

Visi įrenginiai 110 kV skirstyklai bus parenkami pagal jau esamą galios transformatorių, kuris yra 10 kV pastotės pusėje. Transformatoriaus techniniai duomenys pateikti 3.1lentelėje.

3.1lentelė 110/10 kV galios transformatoriaus duomenys

Parametras	Reikšmė, dydis
Vardinė galia, MVA	7,5
Vardinės įtampos, kV (A/Ž)	115/11
Trumpojo jungimo įtampa, %	10,53
Įtampos reguliavimo diapazonas, %	± 9 x 1,78
Tuščios veikos nuostoliai, kV	33
Trumpojo jungimo galios nuostoliai, kV	77
Tuščios veikos srovė, %	4

Visi atstumai, nuo 110 kV srovėlaidžių turinčių įtampą iki įvairių atviros skirtyklos elementų, turi būti ne mažesni, kaip nurodyta „Skirstyklų ir pastočių EĮIT“, tame tarpe:

- Nuo 110 kV srovėlaidžių iki žemės paviršiaus, kabelinių kanalų dangčių ≥ 3600 mm;
- Nuo 110 kV srovėlaidžių iki transportuojamų įrenginių gabaritų ≥ 1650 mm;
- Tarp skirtingų 110 kV grandžių srovėlaidžių įvairiose plokštumose ≥ 2900 mm.

Principinis brėžinys, kaip bus jungiami 110 kV įrenginiai, pateiktas 1 priede.

110 kV skirstykloje bus demontuojami šie įrenginiai:

- 110 kV trumpiklis 1 vnt;
- 110 kV tripoliai skyrikliai 4 vnt;
- 110 kV srovės transformatorius 1 vnt;
- 110 kV ribotuvas 1 vnt;
- 110 kV renkamos šynos 2 vnt.

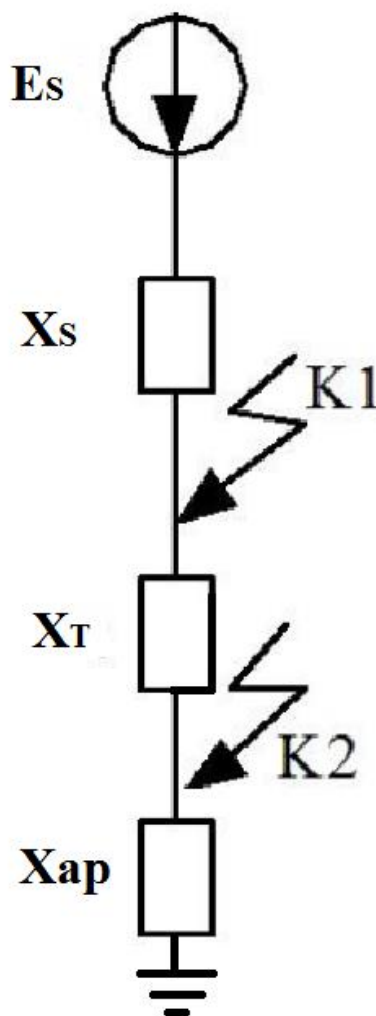
4. TRUMPŲJŲ JUNGIMŲ SKAIČIAVIMAS

Trumpieji jungimai – tai nenumatytas sujungimas tarp fazių, o sistemose, kuriose yra įžeminta neutralė – fazių sujungimas su žeme arba nuliniu laidu. Trumpieji jungimai atsiranda dėl mechaninių elektros įrenginių pažeidimų, atmosferinių bei komutacinių viršįtampių, nusidėvėjusios elektros įrenginių apsauginės izoliacijos.

Parenkant naujus elektros įrenginius, būtina apsiskaičiuoti trumpųjų jungimų sroves.

Atlikti skaičiavimus, pagal objekto schemą sudaroma ekvivalentinė schema (4.1 pav.). Iš schemas matyti, kad trumpuosius jungimus reikia skaičiuoti dviejose vietose: 110 kV pusėje ir 10 kV pusėje.

Visi elektros įrenginiai yra parenkami 110 kV pusėje, kur trumpas jungimas jau buvo išmatuotas $I_{K1} = 5,1$ kA (sužinota praktikos metu). Todėl, žinant I_{K1} ir naudojant trumpojo jungimo skaičiavimus santykiniais vienetais, galima pasiskaičiuoti I_{K2} .



4.1 pav. Trumpųjų jungimų ekvivalentinė schema

Trumpieji jungimai skaičiuojami santykiniais vienetais [1]. Šis metodas leidžia supaprastinti teorinius samprotavimus, padeda greitai nustatyti rezultatus.

Pasirenkame bazinę įtampą U_b ir galią S_b .

Pradiniai duomenys:

- $S_b = S_{ap}$; $U_b = U_{vid}$;
- $S_{ap} = 7,5 \text{ MVA}$;
- $U_b = 115 \text{ kV}$;
- $E_{S^*} = 1$ (žvaigždutė rodo santykinius dydžius);

Bazinė srovės apskaičiavimas 110 kV pusėje:

$$I_{b110} = S_b / (\sqrt{3} \cdot U_{b1}) = 7,5 \cdot 10^6 / (\sqrt{3} \cdot 115 \cdot 10^3) = 37,65 \text{ A}; \quad (4.1)$$

Bazinė srovės apskaičiavimas 10 kV pusėje:

$$I_{b10} = S_b / (\sqrt{3} \cdot U_{b2}) = 7,5 \cdot 10^6 / (\sqrt{3} \cdot 10,5 \cdot 10^3) = 412,39 \text{ A};$$

Kadangi jau turim trumpojo jungimo srovę 110 kV pusėje, tai susižinome ekvivalentinės schemos srovę I_{T^*} iš išraiškos:

$$I_{K1} = I_{T^*} \cdot I_{b110}; \quad (4.2)$$

$$I_{T^*} = I_{K1} / I_{b110} = 5,1 \cdot 10^3 / 37,65 = 135,4; \quad (4.3)$$

Trumpasi jungimas 10 kV pusėje bus:

$$I_{K2} = I_{T^*} \cdot I_{b10} = 135,4 \cdot 412,39 = 5,58 \text{ kA}; \quad (4.4)$$

Trumpojo jungimo periodinė srovės dedamoji:

$$I_p = I_{p0} = I_K; \quad (4.5)$$

$$I_p = I_{p0} = 5,1 \text{ kA};$$

Aperiodinė srovės dedamoji:

$$i_a = \sqrt{2} \cdot I_{p0} \cdot e^{-\frac{t_{atj}}{T_a}} = \sqrt{2} \cdot 5,1 \cdot e^{-\frac{0,2}{0,02}} = 0,374 \text{ A}; \quad (4.6)$$

čia: t_{atj} – atjungimo laikas. Priimu, jog $t_{atj} = 0,2$ s;

T_a – vidutinė laiko pastovioji. Priimu [2, 7.1 lent.] $T_a = 0,02$ s.

Smūginė trumpojo jungimo srovė – maksimalios trumpojo jungimo srovės, sukeliančios didžiausias mechanines jėgas tarp srovinių įrenginių dalių, vertė.

Smūgio koeficientas:

$$K_{sm} = 1 + e^{-\frac{0,01}{T_a}} = 1 + e^{-\frac{0,01}{0,02}} = 1,607; \quad (4.7)$$

Smūgio srovė:

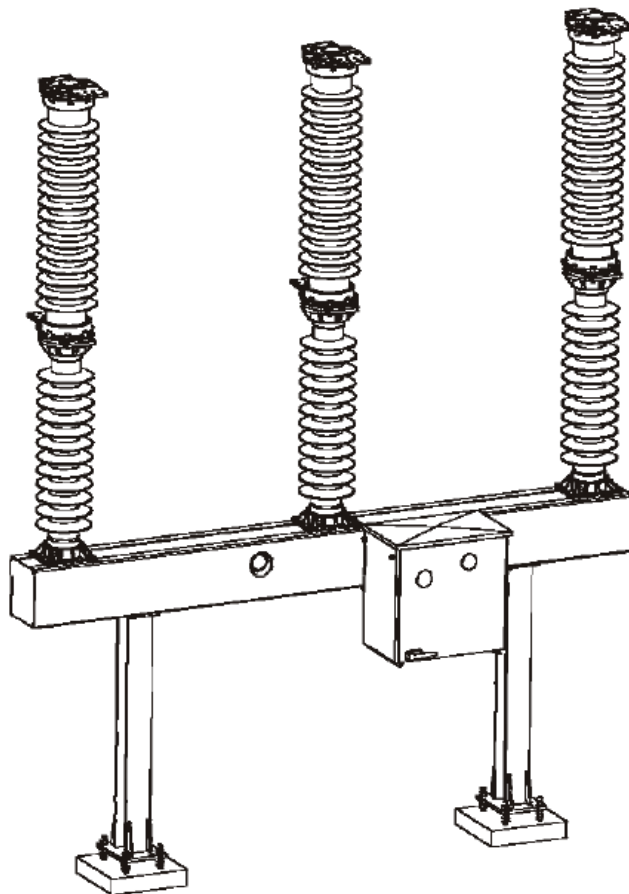
$$i_{sm} = \sqrt{2} \cdot K_{sm} \cdot I_{p0} = \sqrt{2} \cdot 1,607 \cdot 5,1 = 11,59 \text{ kA}; \quad (4.8)$$

5. JUNGTVŲ PARINKIMAS

Paskirti:

Jungtuvai yra naudojami galios paskirstymui aukštos įtampos tinkluose. Jie montuojami kartu su kitais skirstomaisiais įrenginiais ir yra būtini siekiant tinkamo funkcionavimo bei saugumo. Jungtuvai yra mechaniniai komutavimo įrenginiai, pritaikyti aukštos įtampos grandinėms išjungti, tekant didelei srovei esant įvairiems tinklo režimams:

- trumpiems jungimams
- atmosferos viršįtampiams;
- perkrovoms;
- tinklo įrenginių gedimams.



5.1 pav. 110kV trifazis jungtuvas su SF₆ dujomis[3]

Pagrindiniai komponentai

Jungtuvai yra sudaryti iš skyriklio kolonėlių, atraminio rėmo ir valdymo mechanizmo. Kiekvieną skyriklio kolonėlę sudaro atraminis izoliatorius, kuris naudojamas kaip įžeminimo prietaisas, ir skyriaus izoliatorius, kuriame yra pertrauktuvo sistema. Atraminis rėmas yra

galvanizuoto suvirinto plieno struktūra. Valdymo mechanizmą sudaro savarankiška plieninė struktūra, kuri padengta korozijai atsparia medžiaga. Duryš, apatinis paviršius, galinis skydas, nuimami šoniniai skydai bei dengiamoji dalis yra pagaminti iš aliuminio lakštų [3].

Rekonstruojamoje pastotėje naudojamas 1 dujinis jungtuvas. Jo techniniai parametrai turi atitikti Litgrid tipinius reikalavimus. Lankui gesinti naudoja aukšto slėgio inertines dujas – sieros heksafluoridą (SF_6). Šių dujų tankis yra 5 kartus didesnis už oro, elektrinis atsparumas didesnis 2-3 kartus. Esant tokiomis pat sąlygomis, sieros heksafluorido aplinkoje lankas gesinamas 100 kartų greičiau negu ore.

Pagrindiniai komutacinį aparatą apibūdinantys parametrai (vidutinės ir aukštosios įtampos jungtuvų) [1]:

- I_N - vardinė srovė;
- U_N – vardinė įtampa;
- I_{NT} - vardinė trumpojo išjungimo srovė;
- I_{TDIN} ir I_{Term} – atsparumas pratekančiai srovei, kuria aparatas atlaiko neišjungdamas (elektrodinaminis ir terminis);
- T_{atj} – išjungimo trukmė.

Bet kuris kitas komutacinis aparatas parenkamas pagal panašų principą. Pirmiausiai pagal vardinę srovę ir įtampą. Jungtuvo ir kitų žemiau parinktų įrenginių sujungimo vienlinijinė schema pateikta 2 priede.

5.1 lentelė. Dujinio jungtuvo techniniai parametrai [3]

Parametras	Reikšmė
Tipas	GL 311 F1/4031 P/VR
Gamintojas	AREVA Energietechnik GmbH
Nominali įtampa, kV	123
Nuolatinė įtampa, kV	110
Nominali srovė, A	3150
Nominali atsparumo žaibo impulsinė įtampa, kV	550
Nominali trumpąjį jungimą atjungianti srovė – A.c. komponento r.m.s. reikšmė, kA	40
Trumpojo jungimo išjungimo srovė, kA	104
Nominalus dažnis, Hz	50
Minimalus atidarymo laikas, ms	26
Nominali trumpąjį jungimą atjungianti srovė, kA	104
Nominali talpinė atjungimo srovė, A	31,5

Parametras	Reikšmė
SF6 svoris kiekviename jungtuve -30°C / -40°C (porcelianinis izoliatorius), kg	9,9/9
SF6 svoris kiekviename jungtuve -30°C / -40°C (polimerinis izoliatorius), kg	15,3/11,3
Lanko nutraukimo elementų skaičius	1
Gnybtų skaičius	6
Elektros energijos sąnaudos, W	80

5.1. Jungtuvo tikrinimas

Jungtuvas taip pat tikrinamas pagal elektrodinamį atsparumą ir atjungimo galimybes.

Elektrodinaminis jungtuvo nustatymas pagal sąlygas:

$$I_{p0} \leq I_d ; \quad (5.1.1)$$

$$i_s \leq i_d ; \quad (5.1.2)$$

kur:

I_{p0}, i_s – trumpojo jungimo periodinė ir smūginė srovės;

I_d, i_d – jungtuvo dinaminio atsparumo srovės

Jungtuvo atjungimo galimybė nustatoma pagal sąlygas:

$$I_p \leq I_{atjN} ; \quad (5.1.3)$$

$$\beta \leq \beta_N ; \quad (5.1.4)$$

kur:

I_p – trumpojo jungimo periodinė srovė;

I_{atjN} – jungtuvo vardinė atjungimo srovė;

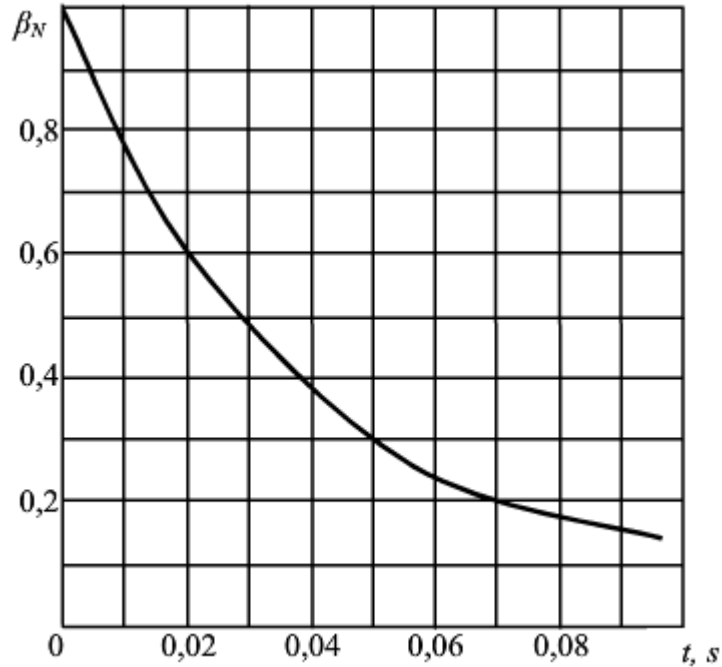
β, β_N – aperiodinės ir periodinės srovių santykio koeficientai atjungimo momentu ir jungtuvo vardinis koeficientas.

Aperiodinės ir periodinės srovių santykio koeficientas apskaičiuojamas pagal išraišką:

$$\beta = i_{at} / (\sqrt{2} \cdot I_p) = 1,386 \cdot 10^{-3}; \quad (5.1.5)$$

i_{at} – Relinės apsaugos minimalus suveikimo laikas (0,01 s)

β_N – sužinomas iš 5.1.1 paveiksle esančio grafiko, pagal nominalią atjungimo seką (O - 0,3 s – CO - 3 min.– CO ar CO - 15 s – CO). $\beta_N = 0,5$



5.1.1 pav. Aperiodinės ir periodinės srovės santykio vardinis koeficientas [2, 8.2 pav.]

Visi duomenys patalpinami į 5.1.1 lentelę, iš kurios matyti ar jungtuvas atitinka keliamas sąlygas.

5.1.1 lentelė. Jungtuvo tikamumo sąlygos

Patikrinimo sąlyga	Skaičiavimo duomenys	Jungtuvo duomenys	Tinkamumas
$U_{ir} \leq U_N$	$U_{ir} = 110$	$U_N = 123$	tinkamas
$I_p \leq I_{atj}$	$I_p = 5,1 \text{ kA}$	$I_{atj} = 40 \text{ kA}$	tinkamas
$I_{p0} \leq I_d$	$I_{p0} = 5,1 \text{ kA}$	$I_d = 40 \text{ kA}$	tinkamas
$i_{sm} \leq i_d$	$i_{sm} = 11,59 \text{ kA}$	-	-
$\beta \leq \beta_N$	$\beta = 1,386 \cdot 10^{-3}$	$\beta_N = 0,5$	tinkamas

Jungtuvo įžeminimas

Prie laikančiojo rėmo ir atraminių konstrukcijų yra įžeminimo jungtys. Skyriklio kolonėlės ir valdymo mechanizmai yra prijungiami prie atraminio rėmo per jų jungimo vietas ir tokiu būdu įžeminami.

6. SKYRIKLIŲ PARINKIMAS IR TIKRINIMAS

Skyriklio aprašymas

Atliekant remonto darbus elektros tinkle, stengiamasi išjungti kuo mažesnę visos sistemos dalį, kad elektros netekimo nuostoliai būtų kuo mažesni. Norint išjungti tik remontuojamą elementą, reikia daug komutacinių aparatų. Išjungimas turi būti kuo patikimesnis su regimu oro tarpu šias funkcijas atlieka skyrikliai [1].

Skyriklis – tai kontaktinė sistema, skirta vizualiai išjungti elektros grandinę. Jie būna įrengti abipus elektros aparato (jungtuvo ar transformatoriaus). Dažniausiai skyrikliai atjungiami remonto arba techninių apžiūrų metu. Svarbu tai, kad skyriklių negalima išjungti darbo arba trumpojo jungimo srovių, nes nėra lanko gesinimo įrenginių. Skyriklių įjungti ir išjungti galima tik tada, kai nėra apkrovos. Jeigu to nepaisoma ir skyriklis išjungiamas kai juo teka darbinė srovė – užsidega elektros lankas. Todėl elektros tinklo sistemos sudaromos taip, kad srovę grandinėje pirmiausia išjungia jungtuvas, o tik tada skyriklis.

Parinkami 3 komplektai, AREVA/Alstom gaminami skyrikliai - S2DAT (su vienu įžeminimo peiliu). Skyrikliai yra dviejų izoliatorių tipų skyrikliai su atjungimu centre. Pagrindiniai šių skyriklių nejudami kontaktai susideda iš kontaktų peilių, spaudžiamų spyruoklėmis. Tokia konstrukcija užtikrina reikiamą slėgį, kai įsiskverbia kištukiniai kontaktai. Kontaktai jungiasi slystančiu judesiu ir kontaktas įvyksta pats besivalydamas ir pats užsiverždamas, tai užtikrina geriausią veikimą trumpo jungimo srovių poveikio metu. Atraminis pagrindas yra pagamintas iš karštai galvanizuoto ir atsparaus didžiausiam įtempimui plieno. Kitos specifikacijos pateiktos 6.1 lentelėje.

Visi elementai, per kuriuos teka srovė, buvo standartizuoti ir išbandyti trumpojo jungimo srove.

6.1 lentelė. S2DAT tipų skyriklių specifikacijos [4]

Specifikacija	Reikšmė
Nominali įtampa, kV	123
Tinklo įtampa, kV	110
Nominali srovė, A	1250
Atsparumas trumpojo jungimo srovei, kA	>20
Vardinis dažnis, Hz	50
Maksimali aplinkos temperatūra, °C	+35
Minimali aplinkos temperatūra, °C	-35
Didžiausias vėjo greitis, m/s	>30
Tarnavimo laikas, metais	30

7. 110 kV ĮTAMPOS ŠYŅŲ PARINKIMAS

Rekonstruojamame objekte bus plieno – aliuminio laido šyna. Jos skersmuo yra 240 mm². Toliau tikrinama ar šyna yra termiškai atspari. Terminio atsparumo sąlyga:

$$S \geq S_{min} = \sqrt{B_K} / C ; \quad (7.1)$$

kur:

S_{min} – minimalus laidininko skerspjūvis, mm² ;

C – konstanta, aliuminio šynoms, 92 A·s^{0,5};

B_K – šiluminis impulsas, A²s;

S – parinktos šinos skerspjūvis, 240 mm²;

Pirmiausiai apskaičiuojamas terminis atsparumas:

$$B_K = I_p^2 \cdot (t_{atj} + T_a) = (5,1 \cdot 10^3)^2 \cdot (0,2 + 0,02) = 5,72 \cdot 10^6 \text{ A}^2\text{s}; \quad (7.2)$$

Tada, perskaičiuojamas minimalus laidininko skerspjūvis:

$$S_{min} = \sqrt{5,72 \cdot 10^6} / 92 = 26 \text{ mm}^2;$$

Tikrinama ar tenkina sąlygą:

$$S = 240 \text{ mm}^2 \geq S_{min} = 26 \text{ mm}^2 - \text{šyna yra termiškai atspari.}$$

Toliau skaičiuojamas elektrodinaminis šynos atsparumas:

Elektrodinaminė jėga F_m veikianti šynas iš plieno – aliuminio laido, kai jos tvirtinamos $l = 12,1$ m. atstumu ir tarp fazių yra $a = 2,25$ m., o priimta, jomis teka $i_p = 5,1$ kA :

$$F_m = \sqrt{3} \cdot i_p^2 \cdot l / a = \sqrt{3} \cdot 5,1^2 \cdot 12,1 / 2,25 = 242,3 \text{ N}; \quad (7.3)$$

Vienetinė jėga q bus:

$$q = F_m / l = 242,3 / 12,1 = 20 \text{ N} / \text{m}; \quad (7.4)$$

Apskaičiuojamas lenkimo momentas:

$$M = qa^2 / 10 = 20 \cdot 12,1^2 / 10 = 292,82 \text{ N}; \quad (7.5)$$

Skaičiuojamas atsparumo momentas [2, 8.8 lent.].

$$W = \pi \cdot d^3 / 32 = 3,14 \cdot 240^3 / 32 = 5652 \text{ mm}^3 = 5,65 \text{ cm}^3; \quad (7.6)$$

Galiausiai skaičiuojamas įtempis:

$$\delta_{sk} = M / W = 292,2 / 5,65 = 51,72 \text{ MPa}; \quad (7.7)$$

Elektrodinaminio atsparumo patikrinimo sąlyga yra $\delta_{sk} \leq \delta_l$. δ_l – leistinas mechaninis medžiagos įtempis, kuris šynai yra 82,3 MPa [2, 61 psl.].

Tikrinama sąlyga $\delta_{sk} = 51,72 \text{ MPa} \leq \delta_l = 82,3 \text{ MPa}$. Šyna yra dinamiškai atspari.

8. MATAVIMO TRANSFORMATORIŲ PARINKIMAS

8.1. Matavimo transformatorių paskirtis

Matavimo transformatoriai naudojami transformuoti aukštas įtampas ir srovės į reikšmes, kurias su mažais vidiniais nuostoliais galima saugiai matuoti. Transformatoriai klasifikuojami pagal paskirtį ir matavimo tikslumą [1].

8.1.1 lentelė. Matavimo transformatorių paskirtis ir tikslumo klasės [1, 48p.]

Paskirtis	Tikslumo klasė pagal IEC ir VDE, %
Tikslūs matavimai ir kalibravimas	0,1
Tikslus galios matavimas ir tarifinis matavimas	0,2
Tarifinis matavimas ir tikslūs matavimo prietaisai	0,5
Pramoniniai matavimai: įtampos, srovė, galia, skaitikliai	1
Amperimetrai ar voltmetrai, maksimalios srovės ar įtampos relės	3
Srovės transformatoriaus apsaugos apvija	5P, 10P

Komercinei elektros apskaitai naudojami matavimo transformatoriai turi atitikti IEC standartų reikalavimus ir iki jų įrengimo turi turėti metrologinį patvirtinimą Metrologijos įstatymo nustatyta tvarka: tipas įrašytas į Lietuvos matavimo priemonių registrą, atlikta patikra Lietuvos Respublikoje ar kitų Europos Sąjungos šalių valstybės institucijų įgaliotose šiai veiklai laboratorijose. Kartu su srovės ir įtampos transformatoriumi pateikiama techninė dokumentacija, turi būti pateikti gamyklinių bandymų protokolų originalai, bandymų laboratorijų akreditacijos dokumentų kopijos, nurodant akreditacijos sritį, srovės ir įtampos transformatorių patikros kalibravimo liudijimai bei, jei patikra buvo atlikta ne Lietuvos Respublikos laboratorijose, tai šių laboratorijų valstybės institucijų įgaliojimą atlikti patikrą patvirtinantys dokumentai.

Parinkti srovės ir įtampos transformatoriai turi atitikti LST EN 60044 standartų ir EIT reikalavimus bei turi būti įtraukti į Lietuvos matavimo priemonių registrą. Matavimo apvijos, prie kurių bus jungiamas elektros skaitiklis, tikslumo klasės:

- Srovės transformatoriaus – 0,2
- Įtampos transformatoriaus – 0,2

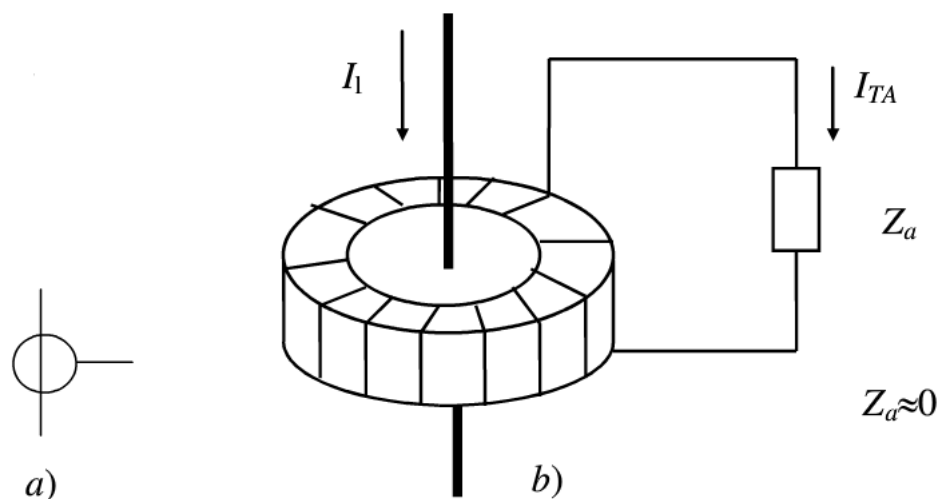
Komercinės elektros apskaitos pagrindinis elektros skaitiklis turi būti jungiamas prie atskirų srovės ir įtampos transformatorių matavimo apvijų. Komercinės elektros apskaitos

dubliuojantis elektros skaitiklis turi būti jungiamas prie kitų srovės ir įtampos transformatoriaus matavimo apvijų.

8.2. Srovės matavimo transformatoriai

Srovės matavimo transformatorius (ST) – tai įrenginys, skirtas didelėms elektros tinklo srovėms transformuoti į mažesnes, kurios yra tinkamos matuoti. Jis galvaniškai atskiria pirminę ir antrinę grandines ir tai leidžia saugiai naudoti matavimo, apsaugos, valdymo aparatūrą aukštosios įtampos grandinėse.

Srovės matavimo transformatoriaus pirminė apvija į grandinę jungiama nuosekliai, dažnai tai būna elektros tinklo elemento fazinis laidas. 8.2.1 paveiksle parodytas ST įrengimo būdas.



8.2.1 pav. (a) Srovės transformatoriaus žymėjimo būdas, (b) prijungimo schema [1, 49p.]

Elektros energijos sistemų matavimo, valdymo ar kontrolės reikmėms naudojamų ST pirminė srovė I_1 gali būti nuo 5 iki 2000 amperų dydžio. Antrinė srovė I_{ST} dažniausiai būna 5 A. Bet 110-330 kV tinkluose antrinė srovė gali būti lygi 10 A.

Srovės matavimo transformatorius tiksliausiai veikia tada, kai prie jo prijungto matavimo elemento varža artima nuliui $Z_a \approx 0$

8.3. 110 kV srovės transformatoriaus parinkimas

Srovės transformatoriai parenkami pagal leistiną pirminę srovę (leistinas perkrovimo koeficientas ne daugiau 1,2). Elektros apskaitai skirtas srovės transformatorius turi maksimaliai tenkinti matavimų tikslumo reikalavimus, kintant pirminei srovei plačiose ribose.

Srovės transformatorius parenkamas pagal praktikos metu gauta metodika:

110 kV srovės transformatorių pirminę vardinę srovę parenkame pagal galios transformatoriaus vardinę srovę. ST vardinė srovė 7,5 MVA galios transformatorius turėtų būti:

$$I_{ST} \geq 37,7 \text{ A, įvertinant perkrovos koeficientą } 1,2 - I_{ST} \geq 37,7 \cdot 1,2 = 31,4 \text{ A}$$

Patikrinimas pagal EIT:

Maksimali prijungimo srovė turi sudaryti ne mažiau kaip 40 % ir ne daugiau kaip 120 % skaitiklio vardinės srovės:

$$I_N \geq 31,4 / 1,2 = 26 \text{ A;} \quad (8.3.1)$$

$$I_N \geq 31,4 / 0,4 = 78 \text{ A;}$$

Komercinei apskaitai parenkami srovės transformatoriai, kurių antrinės matavimo apvijų transformacijos koeficientas 50/1 A.

Srovės transformatoriaus vardinė srovė numatyta 1 A. ST turi būti su trimis antrinėmis apvijomis:

- Viena skirta pagrindinei apskaitai – 0,2 S tikslumo;
- Antra skirta dubliuojančiai apskaitai ir matavimams – 0,2 S tikslumo;
- Trečia skirta relinės apsaugos įrenginiams, 5 P tikslumo.

Srovės transformatorių apvijų suminė apkrova:

$$P_{\Sigma} = P_{laido} + P_{kontakto} + P_{skaitiklio} = \frac{\rho L}{S} \cdot I^2 + R_{kontakto} \cdot I^2 + R_{skaitiklio} \cdot I^2; \quad (8.3.2)$$

Kur:

P_{Σ} – suminė srovės transformatoriaus apkrova, VA;

P_{laido} – varinio laido vidinė apkrova, VA;

$P_{kontakto}$ – pereinamoji kontaktų varža, VA;

$P_{skaitiklio}$ – skaitiklio vidinė apkrova, VA;

ρ – varinio laidininko lyginamoji varža, $\Omega \text{mm}^2/\text{m}$;

L – laidininko ilgis, m;

S – laidininko skerspjūvis, mm^2 ;

I – laidininku tekanti srovė, A.

Komercinės apskaitos srovės transformatorių apvijos:

$$P_{ST} > P_{\Sigma}; \quad (8.3.3)$$

Patikriname srovės transformatoriaus darbo ribas (pagal IEC 60044-1):

$$\text{Ribos} = (1,0 \dots 0,25) \cdot P_{TA}; \quad (8.3.4)$$

kur:

P_{ST} – srovės transformatoriaus antrinės apvijos apkrova, VA;

Atliktų skaičiavimų apibendrintus rezultatus pateikiu 8.3.1 lentelėje.

Šakynos TP pagrindinės ir dubliuojančios komercinės apskaitos grandinėse naudojamų 110 kV srovės transformatorių pirminę vardinę srovę parenkame 50/1.

8.3.1 lentelė. Srovės transformatoriaus antrinių apvijų galios parinkimas

Charakteristikos pavadinimas	Reikšmė
Apskaitos prietaisų srovės grandinių laidininko skerspjūvis, mm ²	2,5
Apskaitos prietaisų srovės grandinių laidininkų ilgis, m	40
Varinių laidininkų specifinė varža, Ωmm ² /m	0,0179
Varinių laidininkų varža, Ω	0,25
Varinių laidininkų vidinė apkrova, VA	0,25
Pereinamoji kontaktų varža, Ω	0,1
Pereinamoji kontaktų apkrovos galia, VA	0,1
Maksimalus skaitiklių skaičius, n	1
Skaitiklio vidinė apkrova, VA	0,4
Antrinė apvijos srovė, A	1
Papildoma varža, Ω	1
Papildomos varžos apkrovos galia, VA	1
Antrinės apvijos suminė apkrova, VA	1,79
Mažiausias srovės transformatoriaus antrinės apv. galia, VA	1,79
Didžiausia srovės transformatoriaus antrinės apv. galia, VA	7,16
Parinkamo srovės transformatoriaus antrinė apkrova, VA	2,5

Atlikus skaičiavimus srovės transformatoriaus antrinių apvijų apkrova yra mažiau 1 VA. Norint padidinti srovės transformatorių apkrovą, srovės grandinėse nuosekliai turi būti įjungtas papildomos apie 1 Ω varžos. Tada srovės transformatoriaus apkrova bus apie 1,79 VA.

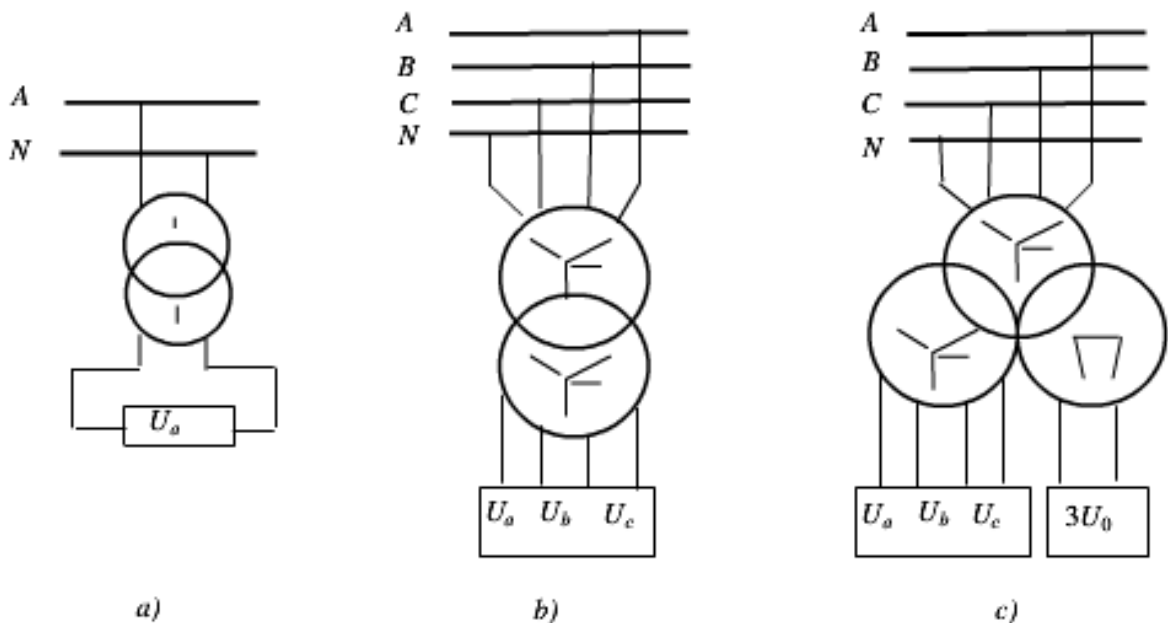
Taigi, srovės transformatorius parenkamas pagal 8.3.2 lentelėje pateiktas charakteristikas:

8.3.2 lentelė. Srovės transformatoriaus antrinių apvijų techninės charakteristikos

Charakteristika	Reikšmė
Transformacijos koeficientas	50/1
Vardinė galia, VA	2,5
Tikslumo klasė	0,2 S

8.4. Įtampos matavimo transformatoriai

Įtampos matavimo transformatorius (ĮT) – tai elektros įrenginys skirtas didelėms elektros tinklo įtampoms transformuoti į mažesnes, tinkančias matuoti. Įtampos matavimo transformatoriaus konstrukcija panaši į galios transformatoriaus. ĮT gali būti vienfaziai arba trifaziai 8.4.1 paveikslas



8.4.1. pav. Įtampos matavimo transformatoriai: a – vienfazis, b – dviejų apvijų trifazis, c – trijų apvijų trifazis [1, 50p]

8.5. 110 kV įtampos transformatoriaus parinkimas

Įtampos transformatorius parenkamas pagal praktikos metu gautus aprašymus [6].

Pagal LITGRID AB išduotas technines sąlygas pastotėje bus įrengiamas transformatorius, kurio transformacijos koeficientas $110/\sqrt{3}/0,1/\sqrt{3}/0,1/\sqrt{3}/0,1$.

Pirma antrinė apvija, kuri jungiama „žvaigžde“, naudojama komercinei pagrindinei apskaitai. Antroji antrinė apvija jungiama taip pat „žvaigžde“, naudojama komercinei dubliuojančiai apskaitai ir relinei apsaugai. Trečioji antrinė apvija jungiama „atviru trikampiū“, naudojama nukrovimo automatikai, kuri bus išpildoma Skirstomajame tinkle.

Atsižvelgiant į EIT ir IEC reikalavimus komercinės apskaitos įrengimui, matavimo transformatorių antrinių grandinių, prie kurių jungiami skaitikliai, apkrovos neturi viršyti vardinių dydžių. Įtampos transformatorių antrinių apvijų vardinė galia parenkama pagal numatomų prijungti įrenginių vardines apkrovas, įvertinant laidų varžas.

Komercinės apskaitos įtampos grandinėse jungiamųjų laidininkų skerspjūvis ir ilgis parenkami taip, kad įtampos nuostoliai šiose grandinėse būtų ne didesni kaip 0,2 % vardinės, kai įtampos transformatorių tikslumo klasė 0,2.

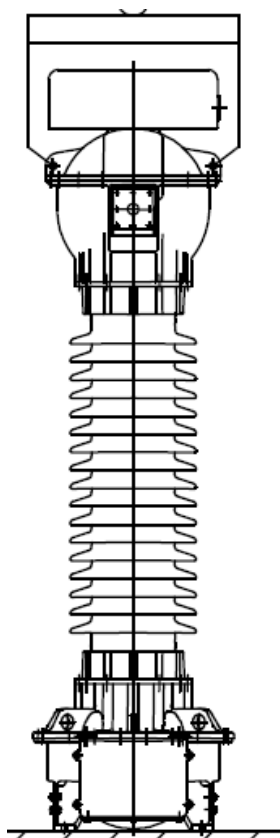
Įtampos transformatorius projektuojamas su trimis antrinėmis apvijomis:

- Du iš jų yra 0,2 tikslumo;
- Viena yra 3P tikslumo.

Apibendrinus visu duomenis, parenkamas su trimis antrinėmis apvijomis kombinuotas EJTOF 123 tipo įtampos ir srovės matavimo transformatorius (8.5.1pav.), jo specifikacijos 8.5.1 lentelėje. Rekonstruojamajame objekte bus montuojami 3 vnt. tokių kombinuotų transformatorių.

8.5.1 lentelė. Kombinuoto matavimo transformatoriaus specifikacijos

Charakteristika	Reikšmė
Nominali įtampa, kV	123
Vardinė galia, VA	2,5
Tikslumo klasė	0,2 S
Dinaminio atsparumo srovė, kA	40
Transformacijos koeficientas srovei	50/1
Transformacijos koeficientas įtampai	$110/\sqrt{3}/0,1/\sqrt{3}/0,1/\sqrt{3}/0,1$
Svoris, kg	630
Aplinkos temperatūros ribos, °C	-35...+35



8.5.1 pav. EJT OF 123 tipo kombinuotas srovės/įtampos transformatorius [7]

9. APSAUGA NUO VIRŠĖTAMPIŲ

9.1. Viršėtampių ribotuvų paskirtis

Pagrindinė ribotuvų paskirtis – instaliacijos ir kitų įrenginių apsauga nuo atmosferinių ir komutacinių viršėtampių.

Yra trys pagrindiniai viršėtampių tipai:

- Laikini viršėtamptai. Jų atsiradimo priežastys yra apkrovimo kitimas, įžemėjimas, trumpas jungimas.
- Komutaciniai viršėtamptai. Šie viršėtamptai atsiranda komutavimo metu ir yra mažai slopinami.
- Atmosferiniai viršėtamptai. Jų atsiradimo priežastys tiesioginiai ir netiesioginiai žaibo smūgiai į elektros perdavimo linijas.

Viršėtampių ribotuvai pagal savo paskirtį skirstomi į 3 apsaugos bandymų klases (9.1.1lentelė) [8].

9.1.1 Ribotuvų apsaugos klasės

SPD bandymų klasės	Paskirtis
I klasė	Apsauga nuo tiesioginio dalies žaibo srovės poveikio, atmosferinių viršėtampių ir įvairių komutacinių viršėtampių, statybos objektų instaliacijų potencialų suvienodinimas
II klasė	Apsauga nuo indukuotų atmosferinių viršėtampių, įvairių komutacijų viršėtampių
III klasė	Apsauga nuo indukuotų atmosferinių viršėtampių statybos objektų vidaus elektros instaliacijose

9.2. Viršėtampių ribotuvų parinkimas

Pastotės apsaugai nuo viršėtampių numatomi naudoti nauji polimeriniai viršėtampių ribotuvai galios transformatoriaus ir oro linijų prijunginiuose. Esami ribotuvai bus demontuoti.

Ribotuvai parenkami pagal pagrindžiančius skaičiavimus pateiktus žemiau.

Skaičiuojama viršįtampių ribotuvo linijų ir transformatorių prijunginiuose vardinės įtampos U_N tinkle, įvertinus galinčius atsirasti laikinus komutacinius viršįtampius tinkle. Laikinių viršįtampių amplitudės reikšmė U_N tarp fazės ir žemės:

$$U_N = 1,5 \cdot U_S / \sqrt{3} = 1,5 \cdot 110 / \sqrt{3} = 95,3 \text{ kV}; \quad (9.2.1)$$

Skaičiuojame ekvivalentinę 10 s laikinių viršįtampių amplitudę U_{ek} :

$$U_{ek} = U_N \cdot (T_t / 10)^{0,02} = 95,3 \cdot (3 / 10)^{0,02} = 93,03 \text{ kV}; \quad (9.2.2)$$

Kur T_t – laikinių komutacinių viršįtampių trukmė, s;

Pagal standarto rekomendacijas viršįtampių ribotuvo vardinė įtampa turi būti lygi arba didesnė nei U_{ek} . Ribotuvo vardinė įtampa – $U_N > U_{ek} > 93,03 \text{ kV}$.

Leistinoji ilgalaikė ribotuvo įtampa

1. Leistinoji ilgalaikė linijos prijungimo ribotuvo įtampa (U_C), efektyviai įžemintos transformatoriaus neutralės, tinkle turi būti parinkta įvertinus būtiną sąlyga:

$$U_C > \frac{k \cdot U_N \cdot k_{TJ}}{\sqrt{3} \cdot T} = \frac{1,15 \cdot 110 \cdot 1,4}{\sqrt{3} \cdot 1,32} = 77,46 \text{ kV}; \quad (9.2.3)$$

kur:

k – leistinis ilgalaikės aukščiausios ir nominalios įtampų santykis;

U_N – nominali tinklo įtampa, kV;

k_{TJ} – vienfazio trumpo jungimo koeficientas efektyviai įžemintos neutralės tinkle, $k_{TJ} = 1,4$;

T – viršįtampių ribotuvo stabilumo faktorius.

Apskaičiuojant minimalią U_C reikšmę, turi būti įvertintas 5 % atsargos koeficientas. Įvertinus 5 % atsargos koeficientą, viršįtampių ribotuvo U_C 110 kV įtampos tinkle turi būti aukštesnė kaip 81 kV.

Viršįtampių ribotuvų gretimose 110 kV pastotėse parametrai: 110 kV akmenės TP ($U_C = 82 \text{ kV}$) ir 110 kV Gruzdžių TP ($U_C = 86 \text{ kV}$). Pagal gretimų pastočių viršįtampių ribotuvus 110 kV Šakynos TP linijų ribotuvų ilgalaikė leistina įtampa parenkama – $U_C = 86 \text{ kV}$.

Taigi linijos prijungime turi būti projektuojami 6 vnt. $U_C = 86-87 \text{ kV}$ trečios iškrovos klasės ribotuvai.

2. Leistinoji ilgalaikė galios transformatoriaus prijunginio ribotuvo įtampa (U_C), efektyviai įžemintos transformatorių neutralės tinkle, turi būti parinkta įvertinus būtiną sąlygą:

$$U_C > \frac{k \cdot U_N}{\sqrt{3}} \cdot \frac{k_{Tl}}{T} = \frac{1,15 \cdot 110}{\sqrt{3}} \cdot \frac{1,34}{1,32} = 77,46 \text{ kV};$$

Apskaičiuojant minimalią U_C reikšmę, turi būti įvertintas 5 % atsargos koeficientas. Įvertinus 5 % atsargos koeficientą, viršįtampių ribotuvo U_C 110 kV įtampos tinkle turi būti aukštesnė kaip 78 kV.

Taigi galios transformatoriaus prijunginyje turi būti projektuojami 3 vnt. $U_C = 78-82$ kV antros iškvos klasės ribotuvai.

Ribotuvų absorbuojamoji geba:

1. Linijos prijunginyje:

$$W = [2U_f - NU_{pl}(1 + \ln(2U_f/U_{pl}))] \cdot U_{pl} \cdot T_l / Z; \quad (9.2.4)$$

kur:

U_{pl} – ribotuvo žaibo impulso apsaugos lygis;

U_f – linijų izoliacijos pramušimo įtampa;

Z – linijų banginė varža;

N – linijų, prijungtų prie ribotuvo, skaičius;

T_l – ekvivalentinė žaibo iškvos srovės tekėjimo trukmė, įskaitant pirmąjį ir sekančius smūgius (tipinė reikšmė 3×10^{-4} s).

W reikšmė sužinota praktikos metu lygi 6,2 kJ/kV. Priimame, kad linijos prijunginyje turi būti projektuojami ribotuvai, kurių absorbuojamoji geba $\geq 6,5$ kJ/kV.

2. Galios transformatoriaus prijunginyje:

$$W = [2U_f - NU_{pl}(1 + \ln(2U_f/U_{pl}))] \cdot U_{pl} \cdot T_l / Z;$$

W reikšmė, sužinota praktikos metu, lygi 4,2 kJ/kV. Priimame, kad transformatoriaus prijunginyje turi būti projektuojami ribotuvai, kurių absorbuojamoji geba $\geq 4,5$ kJ/kV.

Parinkami ABB firmos viršitampių ribotuvai [8]. Ribotuvų parinkimo sąlyga, tipai ir reikalingos specifikacijos pateiktos 9.2.1 lentelėje.

9.2.1 lentelė. Viršitampių ribotuvai

Viršitampių ribotuvai linijos prijunginyje		
Parinkimo sąlyga	Skaičiavimo duomenys	Ribotuvo duomenys iš katalogo PEXLIM Q
$U_{ir} \leq U_N$	$U_{ir} = 110$ kV	$U_{max} = 145$ kV
	$U_C = 86-87$ kV	$U_C = 86$ kV
	3 klasė	3 klasė
Viršitampių ribotuvai galios transformatoriaus prijunginyje		
Parinkimo sąlyga	Skaičiavimo duomenys	Ribotuvo duomenys iš katalogo PEXLIM R
$U_{ir} \leq U_N$	$U_{ir} = 110$ kV	$U_N = 120$ kV
	$U_C = 78-82$ kV	$U_C = 78$ kV
	2 klasė	2 klasė



9.2.1 pav. 2 klasės viršitampių ribotuvas



9.2.2 pav. 3 klasės viršitampių ribotuvas

10. 110kV SKIRSTYKLOS ĮŽEMINIMO KONTŪRAS

Tam, kad užtikrinti aptarnaujančio personalo saugumą nuo elektros įtampos galinčio atsirasti ant metalinių įrenginių korpusų ir jų metalinių atramų, o taip pat nuo žingsnio įtampos poveikio, 110 kV skirstyklos teritorijoje iš vertikalių 3 m, 6 m ir giluminio įžemiklių sujungtų horizontaliais jungiamaisiais laidininkais į bendrą tinklą įrengiamas įžeminimo kontūras.

Pastotės įžeminimo kontūras montuojamas 0,7 m gylyje 30x4 mm plieno juostos ir Ø14,2 mm įžeminimo elektrodų. Įžeminimo elektrodai į gruntą kalami dalimis po 1,5 m. Juosta prie elektrodo tvirtinama kryžminės jungties pagalba.

Giluminiam įžemikliui įrengti naudojamas plieninis vamzdis, besiūlis, d-140x5 mm. Sujungimas tarp sekcijų atliekamas suvirinant. Vamzdžio viršus nupjaunamas 1 m gylyje nuo žemės paviršiaus. Virš giluminio įžemiklio surenkamas gelžbetoninis mažo tipo telefoninės kanalizacijos šulinyš RKŠ-2. Montuojant įžemiklio sekcijas nuo 40 m gylio reikia pradėti matuoti įžeminimo varžą. Įžemiklis įgilinamas iki tol kol bus pasiekta reikiama varža. Įžeminimo varža bet kuriuo metų laiku neturi viršyti $R \leq 0,5 \Omega$.

Įžeminimui naudojami elementai turi būti patikimai sujungti. Įžeminimo laidininkai turi būti apsaugoti nuo korozijos. Įžeminimo laidininkai sankirtose su kabeliais, vamzdynais ar kitais tiesiniais, taip pat įvadų į pastatus ir patalpas vietose, kur jie gali būti mechaniškai pažeisti, turi būti apsaugoti.

Įžeminimo laidininkai, pakloti grunte, turi būti sujungiami suvirinant. Įžeminimo laidininkai prie įžeminamų įrenginių dalių matomose vietose turi būti prijungti varžtais. Varžtais sujungti kontaktai turi būti apsaugoti nuo korozijos ir atsipalaidavimo.

Perdavimo tinklo įžeminimo kontūras papildomai sujungtas su skirstomojo tinklo įžeminimo kontūru.

Naujai įrengta pastotės tvora prie bendro įžeminimo kontūro nejungiama, įžeminama atskirai, netrumpesniais kaip 3 metrų ilgio elektrodais, kalamais nedidesniu kaip 20 metrų atstumu visame tvoros perimetre. Įžeminimo kontūro brėžinys pateiktas 3 priede, o visi pagrindiniai 110 kV skirstyklos įžeminimo kontūro elementai pateikti 10.1 lentelėje.

10.1 lentelė. Įžeminimo kontūro sudedamosios dalys

110 kV įžeminimo kontūras	Matmuo	Kiekis
Plieninė cinkuota įžeminimo juosta	30x4 mm	400 m
Variuoti įžeminimo strypai, $L=1,5$ m.	Ø 14,2 mm	36 vnt.
Plieninis vamzdis giluminiam įžemikliui įrengti 140x5 mm	140x5 mm	75 m

10.1. Įžeminimo varžos skaičiavimas

Įžemiklį apibūdinantis dydis yra elektrinė varža, kurią sudaro apie įžemiklį esantis gruntas. Pagal grunto geologinius tyrimus gruntas 0,5-9 m. gylyje nustatytas – molis dulkingas, smėlingas. Priimta vidutinė molio specifinė varža – 40 Ωm.

Varža taip pat priklauso nuo įžemiklių geometrinių matmenų. Įžemintuvo varža turi būti ne didesnė kaip 10 Ω [9].

Toliau skaičiuojama skirtingų įžeminimo elementų varža:

Vertikalaus 3 metrų strypo:

$$R_z = \frac{\rho}{2\pi l} \cdot \ln\left(\frac{4l(2t+l)}{d(4t+l)}\right); \quad (10.1.1)$$

kur:

ρ – grunto savitoji varža, Ω·m;

l – vamzdžio arba juostos ilgis, m;

d – vamzdžio arba strypo skersmuo, m;

t – plieninės juostos arba vertikalaus įžemiklio dalies įgilinimas į gruntą, m.

3 metrų vertikalaus įžemiklio įžeminimo varža yra:

$$R_z = \frac{40}{2\pi \cdot 3} \cdot \ln\left(\frac{4 \cdot 3(2 \cdot 3 + 3)}{0,142(4 \cdot 3 + 3)}\right) = 8,335 \Omega;$$

Horizontalios juostos įžeminimo varža skaičiuojama:

$$R_z = \frac{\rho}{\pi l} \ln\left(\frac{1,5 \cdot l}{\sqrt{bt}}\right); \quad (10.1.2)$$

kur:

b – plieninės juostos plotis, m.

Gauname horizontalios juostos, kuri įkasta 0,7 metrų gylyje, įžeminimo varžą:

$$R_z = \frac{40}{\pi \cdot 400} \ln\left(\frac{1,5 \cdot 400}{\sqrt{0,04 \cdot 0,7}}\right) = 0,09 \, \Omega;$$

Kiti analogiški skaičiavimai pateikti žemiau esančioje 10.1.1 lentelėje.

10.1.1 lentelė. Įžeminimo elementų įžeminimo varžos

Įžeminimo elementas	Įžeminimo varža, Ω	Ar tenkina sąlygą $R_z \leq 10 \, \Omega$
Įžeminimo juosta	0,09	Taip
Vertikalus įžemiklis 3 m.	8,3	Taip
Vertikalus įžemiklis 6 m.	4,9	Taip
Gilumini įžemiklis	0,021	Taip

Remiantis skaičiavimais ir 10.1.1 lentelės duomenimis visi įžeminimo elementai yra tinkami ir tenkina būtiną sąlygą. Giluminio įžemiklio įžeminimo varža gali būti netiksli, nes nuo 40 m. gylio reikia pradėti matuoti įžeminimo varžą. Įžeminimo kontūro brėžinys pateiktas 3 priede.

11. ŽAIBOSAUGA

Statiniams apsaugoti nuo žaibo įrengiami žaibolaidžiai. Žaibolaidžiai yra įrenginiai priimančios žaibo smūgius ir nutekinantys jų energiją į žemę. Žaibolaidžiai sudaryti iš trijų dalių: žaibo ėmiklio, įžeminimo laidininko ir įžemiklio.

Į žaibolaidį žaibas trenkia, nes lyderio susidarymo stadijoje gerai įžeminto žaibolaidžio viršūnėje (ėmiklyje) susikaupia žemės potencialo krūviai (lyderis), tada susidaro stiprūs elektriniai laukai tarp žaibolaidžio viršūnės ir besivystančio debesyse lyderio. Nuo žaibolaidžio besivystantis priešpriešinis lyderis dar labiau sustiprina elektrinį lauką, todėl žaibas trenkia į virš žaibolaidžio susidariusį lyderį. Kadangi saugomas objektas būna žemiau už žaibolaidžio stiebą, tai statiniai yra apsaugomi nuo žaibo.

11.1. Išorinės statinių apsaugos nuo žaibo klasifikavimas

Remiantis statybos techniniu reglamentu [9] išorinė statinių apsauga skirstoma į keturias išorinės statinių apsaugos klases (toliau – apsaugos klasė). Pagal statinio apsaugos patikimumą statinių apsaugos klasės ir jų apsaugos patikimumas pateikti 11.1.1 lentelėje.

11.1.1 lentelė. Statinių apsaugos klasės ir jų apsaugos patikimumas

Apsaugos klasė	Apsaugos patikimumas
I	0,99
II	0,97
III	0,91
IV	0,84

Pagal apsaugos klasės reikalavimus nustatomi žaibo ėmiklio, įžeminimo laidininko įžemiklio reikalavimai ir apsaugos zonos matmenys.

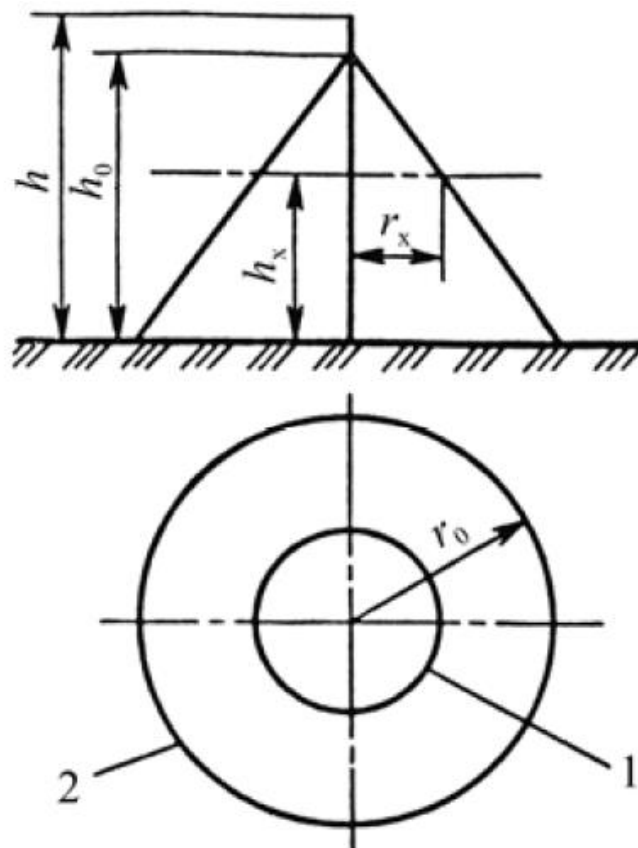
11.2. Žaibosaugos skaičiavimai 110 kV skirstyklai

110 kV skirstyklos įrenginių apsaugos zonos nustatytos remiantis trečio lygio apsaugos nuo žaibo zonos reikalavimais, naudojant vieno stiebo apsaugos zonos metodą.

110 kV skirstyklos įrenginiai nuo tiesioginių žaibo smūgių apsaugomi projektuojamu radijo ryšio bokštu – žaibolaidžiu, kurio aukštis yra 48 m. ir papildomai nuo žaibo smūgio saugos esamos 110 kV oro linijų atramos. Naujai projektuojamos 110 kV skirstyklos žaibosauga skaičiuota nevertinant esamos 10 kV skirstyklos žaibolaidžių.

Kiekvienas žaibolaidis apibūdinamas jo apsaugos zona, tai erdvė aplink žaibolaidį, į kurią pataikyti žaibui turi būti minimali tikimybė.

Pritaikant vieno stiebo žaibolaidžio apsaugos zonos metodą, apsaugos zona bus kūgis (11.2.1 pav.).



11.2.1 pav. Vieno stiebo žaibolaidžio apsaugos zona: 1- apsaugos riba h_x aukštyje; 2- apsaugos riba žemės paviršiuje

Apsaugos zonos nustatomos dviem matmenimis: kūgio aukščiu h_0 ir žemės paviršiaus spinduliu r_0 .

Žaibolaidžio apsaugos zonos matmenų skaičiavimo formulės pateiktos 11.2.1 lentelėje.

11.2.1 lentelė. Vieno stiebo apsaugos zonos matmenų skaičiavimas

Apsaugos patikimumas	Žaibolaidžio aukštis h, m	Kūgio aukštis h_0, m	Kūgio spindulys r_0, m
0,99	nuo 30 iki 100	$0,8 h$	$[0,8-14,3 \cdot 10^{-3}(h-30)]h$

Žaibolaidžio aukštis yra 45 m. radijo ryšio bokštas, plus 3 m žaibolaidis:

$$h = 45 + 3 = 48 \text{ m.}$$

Apsaugos zonos spindulys r_x skaičiuojamas iš formulės:

$$r_x = r_0 (h_0 - h_x) / h_0; \tag{11.2.1}$$

Kur:

h_x – apsaugos riba, kuri sužinota praktikos metu, renkat duomenis apie rekonstruojama objektą. $h_x = 5,1$ m.

Atlikus visus skaičiavimus apsaugos zonos spindulys $r_x = 32,229$ m. Šitas spindulys pilnai dengia visą 110 kV skirstyklos plotą su tvora ir visame jos teritorijoje esančius elektrinius įrenginius. Tai puikiai matosi 4 ir 5 prieduose esančiuose brėžiniuose.

Žaibolaidis jungiamas prie bendro pastotės įžeminimo kontūro.

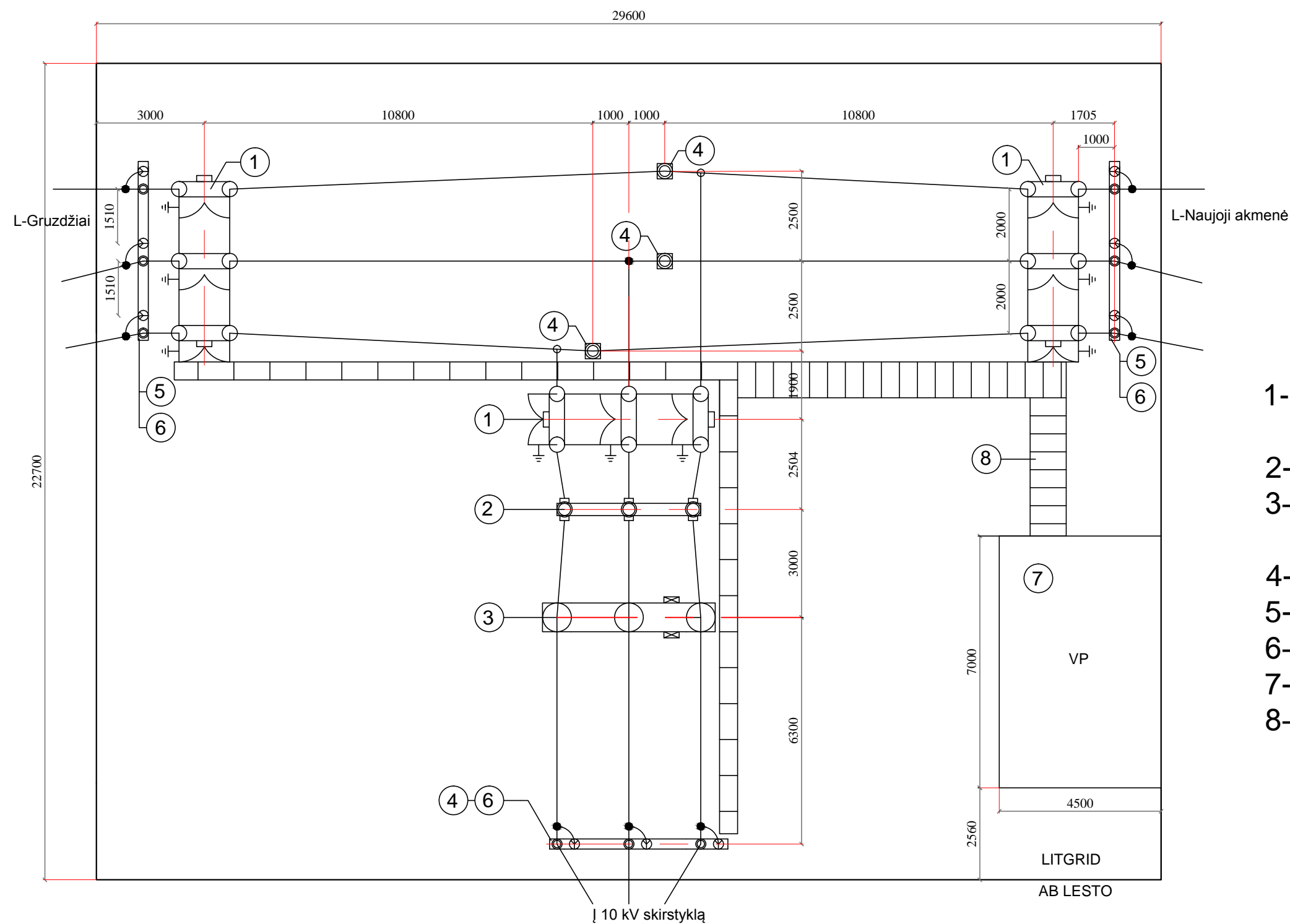
IŠVADOS

1. Šiame bakalauro baigiamajame darbe pateikta Šakynos 110/10 kV transformatorių pastotės 110 kV skirstyklos rekonstrukcija, kuri atliekama dėl fiziško ir morališko įrenginių susidėvėjimo.
2. Išsiaiškinus transformatorinės pastotės visas charakteristikas, buvo sudarytas darbų vykdymo planas
3. Paskaičiavus trumpųjų jungimų sroves, buvo parinkti nauji rekonstruojamos skirstyklos 110 kV įrenginiai, kurie užtikrins patikimesnę ir efektyvesnę elektros tiekimą vartotojams ir sumažins gedimų skaičių.
4. Tam, kad užtikrinti aptarnaujančio personalo saugumą nuo elektros įtampos galinčio atsirasti ant metalinių įrenginių korpusų ir jų metalinių atramų 110 kV skirstyklos teritorijoje įrengiamas įžeminimo kontūras.
5. Apsaugai nuo žaibo ant radijo bokšto įrengiamas žaibolaidis. Jo bendras aukštis su bokštu yra 48 m. Žaibolaidis savo saugomu plotu pilnai dengia 110 kV skirstykloje esančius įrenginius ir visą skirstyklos teritoriją.

LITERATŪROS SĄRAŠAS

1. Svinkūnas G., Navickas A. Elektros energetikos pagrindai. Mokomoji knyga. Kaunas: Technologija 2011.
2. R. P. Deksnys, R. Staniulis, V. Miškinis. Elektrinių ir pastočių elektrinė dalis. Kursinis projektavimas. Mokomoji knyga. Kaunas: Technologija, 2010.
3. Areva. naudojimo instrukcija NR. 246 (LT) (Gauta praktikos metu).
4. Areva. Montavimo ir aptarnavimo darbų instrukcija. (Gauta praktikos metu).
5. Elektros įrenginių įrengimo bendrosios taisyklės. Patvirtina Lietuvos Respublikos energetikos ministro 2012 m. įsakymo Nr. 1-22.
6. LITGRID AB. Elektros energijos apskaita ir matavimai. Techninės specifikacijos. Kaunas, 2013.
7. Lauko kombinuotas transformatorius. Instaliacijos ir priežiūros instrukcija. 2003-10-27.
8. Highvoltage surge arresters. Buyer's guide. 2010 ABB. Prieiga per internetą: <http://ees.etf.bg.ac.rs/predmeti/31/1hsm%209543%2012-00%20surge%20arresters%20buyers%20guide%20edition%208%202010-12%20-%20english.pdf> –žiūrėta 2015-05-07.
9. Statybos techninis reglamentas. Statinių apsauga nuo žaibo. Išorinė statinių apsauga nuo žaibo. Patvirtinta Lietuvos Respublikos aplinkos ministro. Įsakymo Nr. D1-693. 2009. Prieiga per internetą: http://www3.lrs.lt/pls/inter3/dokpaieska.showdoc_l?p_id=358695 –žiūrėta 2015-05-07.

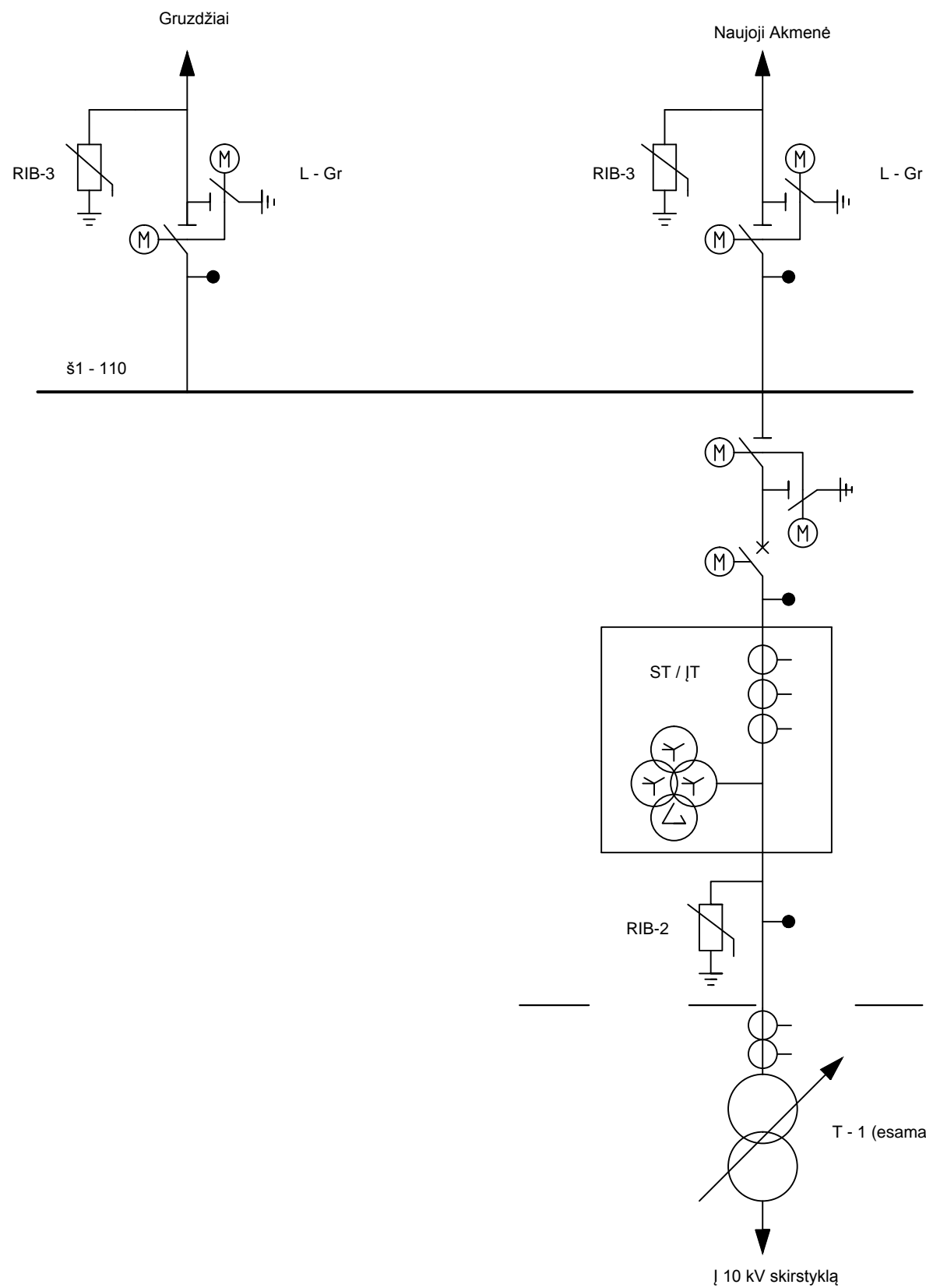
PRIEDAI



Skaičių reikšmės:

- 1- 110 kV skyriklis su 1-u įžeminimo peilų komplektu
- 2- 110 kV jungtuvas
- 3- 110 kV kombinuotas srovės ir įtampos transformatorius
- 4- 110 kV atraminis izoliatorius
- 5- 110 kV atraminis izoliatorius
- 6- 110 kV viršįtampių ribotuvas
- 7- Modulinis valdymo pultas
- 8- Galios ir kontrolinių kabelių antžeminis kanalas

Grupė	KTU Elektros ir elektronikos fakultetas			Bakalauro baigiamasis darbas		
EAE-1/1	Studentas	V. Remeikis	2015 - 04	1 priedas. Transformatorinės pastotės planas		LAI DA 0
Stadija:	Elektros energetikos sistemų katedra Studentų g. 48, Kaunas			2015 - BBD - Elektros energetikos sistemų katedra	LAPAS 1	LAPŲ 5



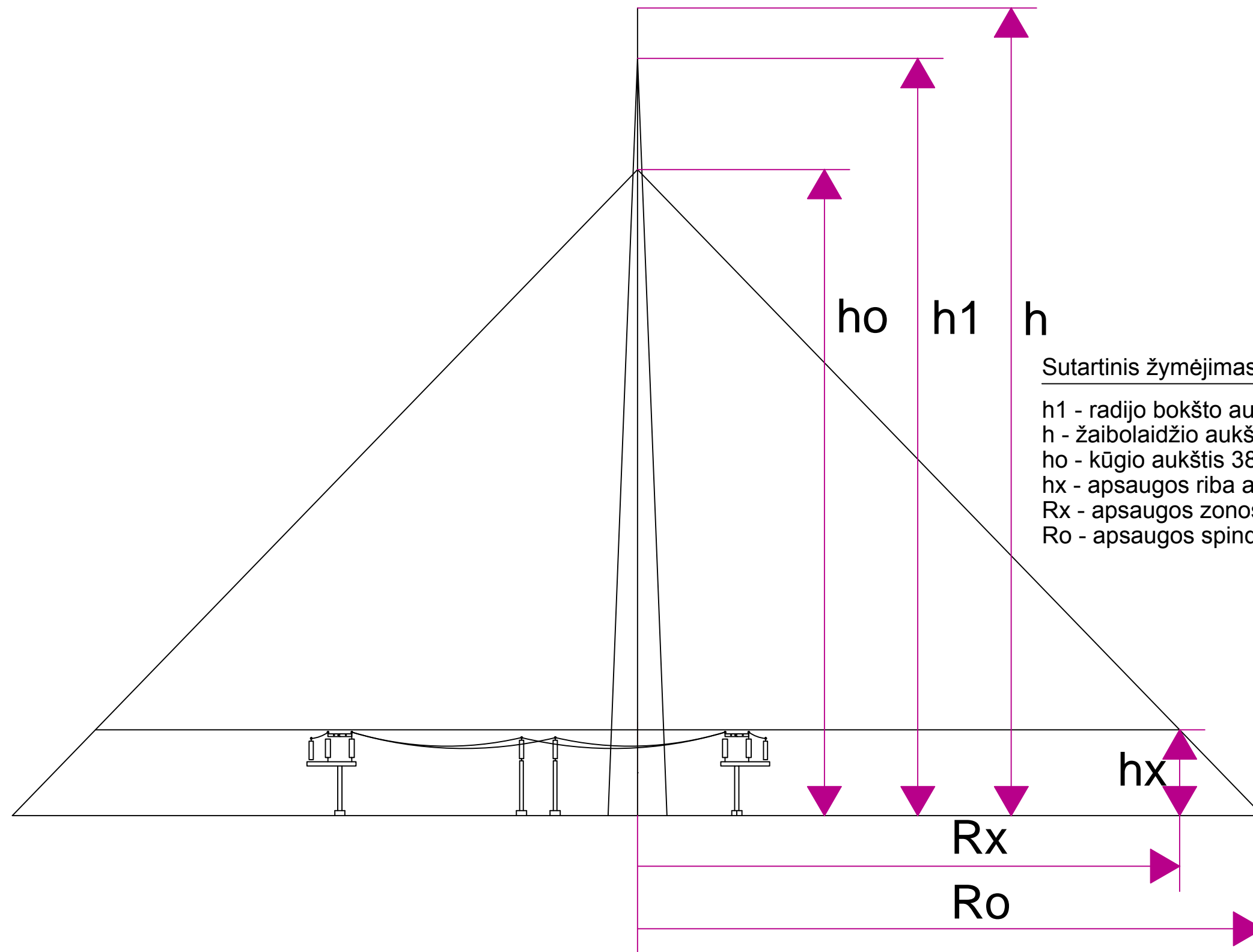
SUTARTINIAI ŽENKLAI:

- - Kilnojamų įžemiklių tvirtinimo vieta
- Ⓜ - Valdymo mechanizmas

Žymėjimas	Žymėjimo paaiškinimas
Š1-110	110 kV įtampos šyna
ST / IT	Kombinuotas matavimo transformatorius
RIB-2	Viršįtampių ribotuvas linijos prijunginyje
RIB-3	Viršįtampių ribotuvas galios transformatoriaus prijunginyje

Nuosavybės riba LITGRID AB
AB "LESTO"

Grupė		KTU Elektros ir elektronikos fakultetas			Bakalauro baigiamasis darbas		
EAE-1/1	Studentas	V. Remeikis		2015 - 04	2 priedas. Transformatorinės pastotės vienlinijinė principinė schema		LAIDA 0
Stadija:	Elektros energetikos sistemų katedra Studentų g. 48, Kaunas			2015 - BBD - Elektros energetikos sistemų katedra		LAPAS 2	LAPŲ 5



Sutartinis žymėjimas:

h_1 - radijo bokšto aukštis 45m.

h - žaibolaidžio aukštis 48 m.

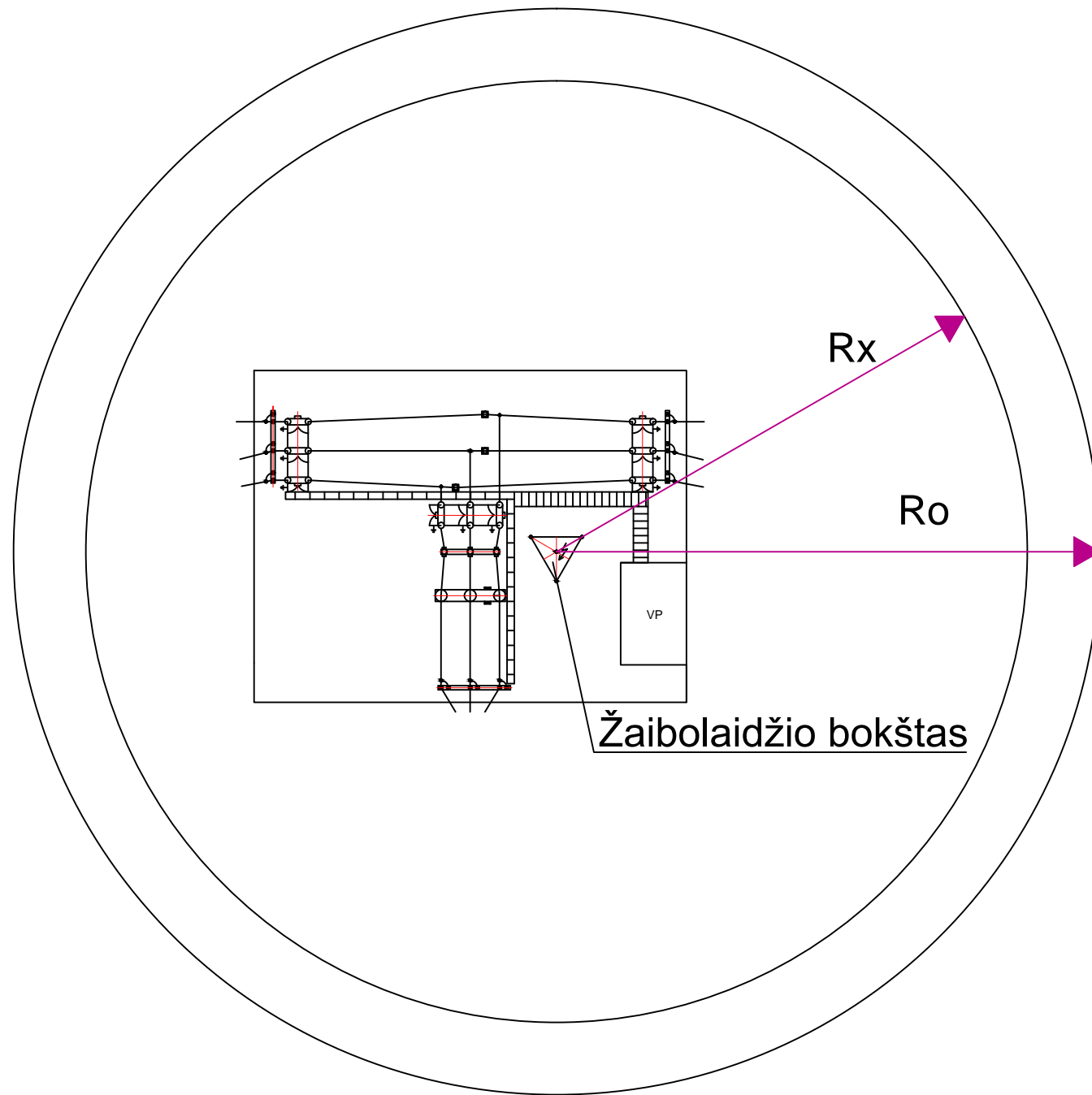
h_o - kūgio aukštis 38,4 m.

h_x - apsaugos riba aukštyje 5,1 m.

R_x - apsaugos zonos spindulys aukštyje 32,2 m.

R_o - apsaugos spindulys žemės paviršiuje 37,2 m.

Grupė	KTU Elektros ir elektronikos fakultetas			Bakalauro baigiamasis darbas	
EAE-1/1	Studentas	V. Remeikis	2015 - 04	4 priedas. Žaibosaugos brėžinys Nr. 1	LAI DA 0
Stadija:	Elektros energetikos sistemų katedra Studentų g. 48, Kaunas			2015 - BBD - Elektros energetikos sistemų katedra	LAPAS 4
BBD					LAPŲ 5



Sutartinis žymėjimas:

Rx - apsaugos zonos spindulys aukštyje
 $R_x = 32,2 \text{ m.}$

Ro - apsaugos zonos spindulys žemės paviršiuje
 $R_o = 37,2 \text{ m.}$

Grupė	KTU Elektros ir elektronikos fakultetas				Bakalauro baigiamasis darbas		
EAE-1/1	Studentas	V. Remeikis		2015 - 04	5 priedas. Žaibosaugos brėžinys Nr. 2		LAI DA
							0
Stadija:							LAPAS
BBD	Elektros energetikos sistemų katedra Studentų g. 48, Kaunas				2015 - BBD - Elektros energetikos sistemų katedra		LAPŲ
					5	5	