



KAUNO TECHNOLOGIJOS UNIVERSITETAS
ELEKTOROS IR ELEKTRONIKOS FAKULTETAS

Martynas Mockevičius

**KEITIKLIO PRIJUNGIMAS ALYTAUS TRANSFORMATORIŲ
PASTOTĖJE**

Baigiamasis bakalauro projektas

Vadovas

Prof. dr. Alfonsas Morkvėnas

KAUNAS, 2015

KAUNO TECHNOLOGIJOS UNIVERSITETAS

ELEKTROS IR ELEKTRONIKOS FAKULTETAS

ELEKTROS ENERGETIKOS SISTEMŲ KATEDRA

**KEITIKLIO PRIJUNGIMAS ALYTAUS TRANSFORMATORIŲ
PASTOTĖJE**

Baigiamasis bakalauro projektas
Elektros energetikos technologijos (612H63001)

Vadovas

(parašas) Prof. dr. Alfonsas Morkvėnas

(data)

Recenzentas

(parašas)

(data)

Projektą atliko

(parašas) Martynas Mockevičius

(data)

KAUNAS, 2015

KAUNO TECHNOLOGIJOS UNIVERSITETAS
Elektros ir elektronikos fakulteto
Elektros energetikos sistemų katedra
TVIRTINU: _____ S.Gudžius, katedros vedėjas

2015 m. _____ mėn. ____ d..

BAKALAURO BAIGIAMOJO DARBO UŽDUOTIS

Studentui *Martynui Mockevičiui*

1. Darbo tema:

Keitiklio prijungimas Alytaus transformatorių pastotėje

2. Darbo užbaigimo terminas 2015 m. birželio mėn. 01 d.

3. Duomenys Praktikos metu surinkti duomenys apie objektą..

4. Skaičiuojamojo-aiškinamojo rašto turinys (nagrinėjami klausimai)

1. Įvadas (darbo pagrindimas, aktualumas, tikslai ir uždaviniai)

2. Objekto charakteristika (330 kV įtampos skirstyklos, prijungiant naują liniją, išplėtimo apibūdinimas, perspektyvinio vystymo planai ir situacijos planas).

3. 330 kV skirstyklos išplėtimo projektas (330 kV įtampos skirstyklos elektros tinklo analizė, transformatorių charakteristikų parinkimas, avarinių režimų parametru nustatymas, trumpųjų jungimų skaičiavimas. transformatorių pastotės išplėtimo schemas parinkimas, 330 kV skirstyklos elektros įrenginių parinkimas, apsaugos nuo viršįtampių įrangos parinkimas, skirstyklos žaibosauga ir įžeminimo kontūras, elektros įrenginių specifikacijos sudarymas).

4. Išvados.

5. Literatūros sąrašas.

6. Priedai (schemas ir planai).

5. Grafinė medžiaga:

- *Transformatorių pastotės 330 kV įtampos skirstyklos planas,*
- *Transformatorių pastotės schema,*
- *Transformatorių pastotės 330 kV įtampos skirstyklos žaibosaugos ir įžeminimo kontūro planas.*

2015 m. vasario mėn. 14 d.

Vadovas: Prof. dr. Alfonsas Morkvėnas

Užduotį gavau: Martynas Mockevičius

2015 m. _____ mėn. ____ d.



KAUNO TECHNOLOGIJOS UNIVERSITETAS

Elektros ir elektronikos fakultetas

(Fakultetas)

Martynas Mockevičius

(Studento vardas, pavardė)

Elektros energetikos technologijos (612H63001)

(Studijų programos pavadinimas, kodas)

Baigiamojo projekto „Keitiklio prijungimas Alytaus transformatorių pastotėje“

AKADEMINIO SAŽINGUMO DEKLARACIJA

20 ____ m. _____ d.

Kaunas

Patvirtinu, kad mano Martyno Mockevičiaus baigiamasis projektas tema „Keitiklio prijungimas Alytaus transformatorių pastotėje“ 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 nesąžiningumo faktui, man bus taikomos nuobaudos, remiantis Kauno technologijos universitete galiojančia tvarka.

(vardą ir pavardę įrašyti ranka)

(parašas)

Mockevičius Martynas. Keitiklio prijungimas Alytaus transformatorių pastotėje. Bakalauro baigiamasis projektas. Vadovas prof. dr. Alfonsas Morkvėnas; Kauno technologijos universitetas, Elektros ir elektronikos fakultetas, Elektros energetikos sistemų katedra.

Kaunas, 2015. 35 psl.

SANTRAUKA

Bakalauro baigiamojo darbo užduotis yra „Keitiklio prijungimas Alytaus transformatorių pastotėje“. Prijungiant aukštos įtampos nuolatinės srovės stotį, atliekamas Alytaus 330/110/10 kV transformatorių pastotės, 330 kV skirstyklos išplėtimas. Prijungiant dvi oro linijas iš keitiklio pusės, kurios bus prijungtos prie Kruonio hidroakumuliacinės elektrinės dviejų oro linijų. Vykdamas 330 kV skirstyklos išplėtimą parenkami jungtuvai, skyrikliai, srovės matavimo transformatoriai, įtampos matavimo transformatoriai, viršįtampių ribotuvai, taip pat galios transformatoriai keitiklio pusėje. Įrenginių parinkimui atliekami pagrindinių parametrų skaičiavimai, gauti rezultatai patikrinami su galiojančiomis įrenginių parinkimo sąlygomis. Atliekami žaibosaugos ir įžeminimo kontūro skaičiavimai projektuojamai 330 kV skirstyklos daliai.

Reikšminiai žodžiai: Keitiklis, 330 kV skirstyklos išplėtimas, trumpieji jungimai, oro linija, žaibosauga, įžeminimo kontūras.

Mockevičius Martynas. Connection of Back- to- Back Converter in Alytus Transformer Substation. Final project of bachelor's. Supervisor prof. dr. Alfonsas Morkvėnas; Kaunas University of Technology, Faculty of Electrical and Electronics Engineering, department of Electrical Power Department.

Kaunas, 2015. 35 p.

SUMMARY

Bachelor 's thesis task is to "Connection of Back- to- Back Converter in Alytus Transformer Substation" . When connecting a high-voltage direct current station , carried out in Alytus 330/110/10 kV transformer substation , 330 kV switchyard extension . Connecting the two air lines from the side of the Back- to- Back converter to be connected to a pump storage power plant Kruonis two airlines . The 330 kV switchyard expansion selected circuit breakers, disconnectors, current transformers , voltage transformers , surge arresters , as well as power transformers inverter side. Device selection carried out the main parameters of the calculations , the results are checked with current unit operating conditions. Made lightning protection and grounding circuit calculations designed 330 kV switchyard part.

Keywords: Back- to- Back- Converter, The 330 kV switchyard expansion, short circuit, air lines, lightning protection, grounding circuit.

TURINYS

ĮVADAS.....	10
1. OBJEKTO CHARAKTERISTIKA.....	11
1.1 Pastotės charakteristika.....	11
1.2 Vietovės charakteristika.....	11
1.3 Elektros vartotojai.....	13
2. TRANSFORMATORIŲ PARINKIMAS.....	13
2.1 Apkrova.....	13
3. TRUMPŲJŲ JUNGIMŲ IR SMŪGINIŲ SROVIŲ SKAIČIAVIMAS.....	14
3.1 Smūginė trumpojo jungimo srovė.....	17
4. APARATŲ PARINKIMAS.....	18
4.1 Jungtuvų parinkimas.....	19
4.1.1 330kV jungtuvų parinkimas.....	19
4.2 Skyriklių parinkimas.....	19
4.2.1 330kV Skyriklių parinkimas.....	20
4.3 Srovės matavimo transformatorių parinkimas.....	20
4.3.1 330kV Srovės matavimo transformatorių parinkimas.....	21
4.4 Įtampos matavimo transformatorių parinkimas.....	21
4.4.1 330kV Įtampos matavimo transformatorių parinkimas.....	21
4.5 Viršįtampių ribotuvų parinkimas.....	21
4.5.1 330kV Viršįtampių ribotuvų parinkimas.....	22
5. SKIRSTYKLOS ĮRENGINIŲ ŽAIBOSAUGA IR ĮŽEMINIMO KONTŪRAS.....	22
5.1 Žaibosaugos skaičiavimas.....	24
5.2 Įžeminimo kontūro skaičiavimas.....	27
6. SĄMATA.....	33
IŠVADOS.....	34
LITERATŪROS SĄRAŠAS.....	35
PRIEDAI.....	36

LENTELIŲ SĄRAŠAS

2.1. Lentelė. Naudojami transformatoriai.....	14
3. 1. Lentelė. Trumpieji jungimai.....	14
3. 2. Lentelė. Linijų varžos.....	15
3. 3. Lentelė. Trifazio trumpojo jungimo srovės.....	17
4. 1. Lentelė. 330 kV jungtuvų parinkimas.....	18
4. 2. Lentelė. 330 kV skyriklių parinkimas.....	19
4.3. Lentelė. 330 kV srovės matavimo transformatorių parinkimas.....	20
4.4. Lentelė. 330 kV įtampos matavimo transformatorių parinkimas.....	20
4. 5. Lentelė. 330 kV viršįtampių ribotuvų parinkimas.....	21
5.1 Lentelė. Linijinio portalo su žaibolaidžiu konstrukciniai elementai.....	23
5. 2. Lentelė. Sferos parametrų priklausomybė nuo žaibolaidžio apsaugos patikimumo klasės.....	24
5. 3. Lentelė. Atstumai tarp žaibolaidžių.....	25
5. 4. Lentelė. Grunto savitoji varža.....	28
5.5. Lentelė. Ekvivalentinės elemento varžos nuotėkio srovei apskaičiavimo formulės.....	29
6.1. Lentelė. Pateikiama projekto sąmata.....	32

PAVEIKSLŲ SĄRAŠAS

1.1. pav. Situacinis planas.....	12
3.1. pav. Dvigrandė linija į keitiklį.....	16
3.2 pav. Dvigrandė linija į Kruonį.....	16
3.3. pav. Visos suminės varžos.....	16
5.1. pav. Linijinis portalas su žaibolaidžiu.....	22
5.2. pav. Atstumo tarp žaibolaidžių iliustracija.....	24
5.3. pav. Žaibolaidžių išdėstymas skirstyklos teritorijoje.....	26

IVADAS

Baigiamajame bakalauriniame darbe atliekamas keitiklio prijungimas prie 330 kV skirstyklos dalies ir parenkami 330 kV skirstyklos aparatai. Kaip konkreti pastotė, pasirenkama Alytaus 330/110/10 kV transformatorių pastotė. Transformatorinė pastotė šiuo metu yra maitinama 330 kV įtampos dviem oro linijomis: Lietuvos elektrinė, Gardinas(Baltarusija). Projektuojama dalis 400 kV dvigrandė oro linija- Elkas(Lenkija), taip pat 330 kV įtampos dvigrandė oro linija- Kruonis. Šis objektas yra strategiškai svarbus Lietuvos energetikos sistemai, kadangi Lietuva bus prijungta į Europos Sąjungos elektros energijos tinklą jungtimi LitPol Link. Ši jungtis projektuojama nuo Alytaus 330/110/10 TP per nuolatinės srovės intarpą iki Elko miesto Lenkijoje. 1000 MW galios nuolatinės srovės intarpas būtinas dėl nesinchronizuotų Lenkijos (400 kV įtampos) ir Lietuvos (330 kV įtampos) energijos perdavimo sistemų sujungimo.

Pateikiami išsikelti baigiamojo darbo tikslai ir uždaviniai:

Darbo tikslas: Keitiklio prijungimas Alytaus transformatorių pastotėje.

Darbo uždaviniai:

- 330 kV įtampos skirstyklos dalies išplėtimo projektas
- Transformatorių parinkimas
- Trumpųjų jungimų skaičiavimas pagal juos parenkant įrenginius
- Skirstyklos sąmatas
- 330 kV skirstyklos žaibosaugos ir įžeminimo kontūro skaičiavimas

Keitiklio prijungimas, prie 330 kV skirstyklos dalies aparatams parinkti, atliekami trumpojo jungimo srovių skaičiavimai, pagal kuriuos apskaičiuojamos dinaminės sąlygos. Numatomas pastotės plano ir vienlinijinės pusantrinės schemos sudarymas. 330 kV skirstykloje atliekami žaibosaugos ir įžeminimo kontūro skaičiavimai.

1. OBJEKTO CHARAKTERISTIKA

1.1 Pastotės charakteristika

330/110/10 kV Alytaus TP yra Alytaus rajone Butkūnų kaime. 330/110/10 kV Alytaus TP yra pagrindinė pastotė, iš kurios elektros energija tiekama Alytaus miesto ir Alytaus rajono vartotojams. Transformatorių pastotė šiuo metu maitinama keturiais prijunginiais:

- Autotransformatorius- AT-1;
- Autotransformatorius- AT-2;
- 330 kV oro linija- Gardinas;
- 330 kV oro linija- Lietuvos E.

Abu autotransformatoriai yra po 125 MVA galios. Po Alytaus 330 kV skirstyklos rekonstravimo ir praplėtimo, bus aštuoni prijunginiai:

- 330 kV oro linija- Kruonis I;
- 330 kV oro linija- Kruonis II;
- 330 kV oro linija- BtB- 1;
- 330 kV oro linija- BtB- 2;
- 330 kV oro linija- Gardinas;
- 330 kV oro linija- Lietuvos E;
- Autotransformatorius- AT-1;
- Autotransformatorius- AT-2.

Vykdam Alytaus 330kV skirstyklos rekonstrukciją ir praplėtimą sujungimų schema yra „pusantrinė“.

1.2 Vietovės charakteristika

Rekonstruojama ir praplečiama 330/110/10 kV Alytaus TP yra Butkūnų km., Alytaus sen., Alytaus rajone.



1.1. pav. Situacinis planas

Klimatinės sąlygos:

- vidutinė metinė oro temperatūra $+6,0^{\circ}\text{C}$;
- absoliutus oro temperatūros maksimumas $+35,2^{\circ}\text{C}$;
- absoliutus oro temperatūros minimumas $-37,6^{\circ}\text{C}$;
- šalčiausios paros vidutinė temperatūra -27°C (92% integralinis pasikartojimas);
- šalčiausio penkiadienio vidutinė temperatūra -22°C (92% integralinis pasikartojimas);
- santykinis metinis oro drėgnumas- 80%;
- vidutinis kritulių kiekis per metus- 576 mm;
- maksimalus paros kritulių kiekis- 102,8 mm.

Sniego apkrova: rekonstruojama TP yra II-me Lietuvos sniego apkrovos rajone. Sniego antžeminė apkrova pagal STR 2.05.04:2003, $s_k = 1,6 \text{ kN/m}^2$; sniego poveikio dalinis patikimumo koeficientas imamas $\gamma_Q = 1,3$.

Vėjo apkrova: rekonstruojama TP yra I-me Lietuvos vėjo apkrovos rajone. Vėjo greičio pagrindinė atskaitinė reikšmė pagal STR 2.05.04:2003, $v_{ref,0} = 24 \text{ m/s}$; vėjo poveikio dalinis patikimumo koeficientas imamas $\gamma_Q = 1,3$.

1.3 Elektros vartotojai

Visi elektros energijos vartotojai skirstomi į 3 vartotojų grupes:

Pirmosios grupės vartotojai – gyventojai, vartojantys elektros energiją gyvenamuosiuose namuose, ūkiniuose pastatuose, butuose, bendrabučiuose, vasarnamiuose, sodų sklypuose, garažuose, taip pat sodininkų bendrijos, garažų statybos ir eksploatavimo bendrijos, daugiabučių gyvenamųjų namų bendrijos, jungtinės veiklos partneriai bei asmenys, administruojantys daugiabučius (įskaitant bendrabučio tipo) gyvenamuosius namus ar šių namų bendrojo naudojimo objektus.

Antrosios grupės vartotojai – kurių leistinoji naudoti galia yra iki 30 kW (imtinai). Išskyrus pirmosios grupės vartotojus.

Trečiosios grupės vartotojai – kurių leistinoji naudoti galia virš 30 kW. Išskyrus pirmosios ir antrosios grupės vartotojus.

Prie Alytaus 330/110/10 kV TP prijungti Alytaus miesto ir rajono vartotojai, kurie yra visų elektros energijos trijų grupių vartotojai.

2. TRANSFORMATORIŲ PARINKIMAS

2.1 Apkrova

Pagal keitiklio aktyviąją galią $P_{maks} = 500$ MW ir galios koeficientą, kurį parinkau standartinį $\cos\varphi = 0.8$ apskaičiuoju pilnutinę galią pagal galios koeficiento formulę:

$$\cos\varphi = \frac{P_{maks}}{S_{maks}} \quad (1)$$

Čia: $\cos\varphi$ - galios koeficientas;

P_{maks} - pilnutinė galia;

S_{maks} - pilnutinė apkrova;

Iš šios formulės apskaičiuoju pilnutinę galią:

$$S_{maks} = \frac{P_{maks}}{\cos\varphi} = \frac{500}{0.8} = 625 \text{ MVA} \quad (2)$$

Numatoma perspektyva yra, kad bus statomos dvi dvigrandės linijos po 500MW galios, todėl bus statomi du vienodi galios transformatoriai keitiklio išvaduose.

Suskaičiuoju transformatorių darbinę srovę pagal formulę:

$$I = \frac{P_{maks}}{\sqrt{3} \cdot U_n \cdot \cos\varphi} = \frac{500 \cdot 10^6}{\sqrt{3} \cdot 330 \cdot 10^3 \cdot 0,8} = 1093A \quad (3)$$

Prenku galios transformatorių pagal S_{maks} ir I reikšmes:

2.1. Lentelė. Naudojami transformatoriai

Transformatoriaus tipas	Sujungimo schema	Pagamini mo metai	Galia S_{maks} (MVA)	Srovė I (A)	Įtampa U_n (kV)
TC-630000/330	Y _o /Δ-11	2015	630	1093	330

Numatoma perspektyva yra suprojektuoti dvi vienodas linijas, todėl bus parenkami vienodi galios transformatoriai keitiklio išvaduose.

3. TRUMPŲJŲ JUNGIMŲ IR SMŪGINIŲ SROVIŲ SKAIČIAVIMAS

Turimi dydžiai, kurie yra reikalingi skaičiavimui, apie ateinančias linijas į Alytaus 330/110/10kV transformatorių pastotę:

Trumpųjų jungimų reikšmės skirtingose sistemose:

3. 1. Lentelė. Trumpieji jungimai

Matavimo vieta	Srovė [A]
	$I_k^{(3)}$
HVDC 1	1224
HVDC 2	1224
Lietuvos E	5973
AT-1	422
AT-2	402
Gardinas	2626
KHAE 1	5863
KHAE 2	5863

Skaičiuojama sistemos reaktyvioji varža.

$$X = \frac{1,1 \cdot U_n}{\sqrt{3} \cdot I_K^{(3)}} \quad (4)$$

Čia: U_n - nominali galia;

$I_K^{(3)}$ - trifazis trumpasis jungimas:

Randamos atskirų linijų varžos:

$$X_{HVDC1} = \frac{1,1 \cdot 330}{\sqrt{3} \cdot 1,224} = 171,2 \Omega \quad (5)$$

Čia: X_{HVDC1} - Pirma keitiklio oro linijos varža:

3. 2. Lentelė. Linijų varžos

Matavimo vieta	linijų varža [Ω]
	X
HVDC 1	171,2
HVDC 2	171,2
Lietuvos E	35,1
AT-1	497,3
AT-2	518,6
Gardinas	79,8
KHAE 1	35,8
KHAE 2	35,8

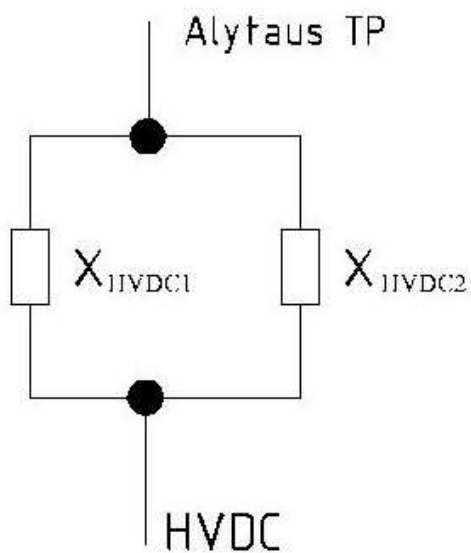
HVDC linijų bendra varža:

$$X_{HVDC} = \frac{X_{HVDC1} \cdot X_{HVDC2}}{X_{HVDC1} + X_{HVDC2}} = \frac{171,2 \cdot 171,2}{171,2 + 171,2} = 85,5 \Omega \quad (6)$$

Čia: X_{HVDC} - dviejų keitiklio oro linijų varžų suma;

X_{HVDC1} - pirma keitiklio oro linijos varža;

X_{HVDC2} - antra keitiklio oro linijos varža:



3.1. pav. Dvigrandė linija į keitiklį

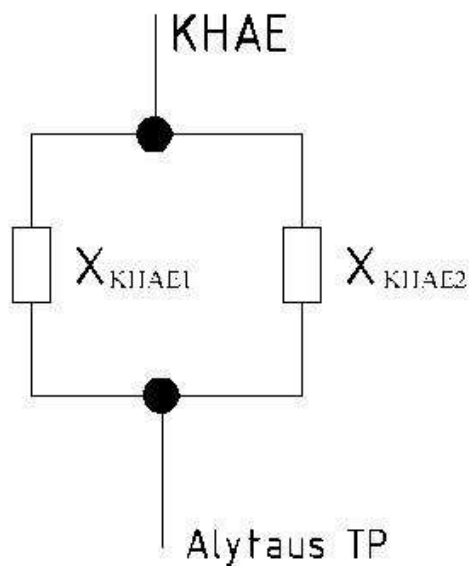
KHAE linijų bendra varža:

$$X_{KHAE} = \frac{X_{KHAE1} \cdot X_{KHAE2}}{X_{KHAE1} + X_{KHAE2}} = \frac{35,7 \cdot 35,7}{35,7 + 35,7} = 17,85\Omega \quad (7)$$

Čia: X_{KHAE} - bendra Kruonio oro linijų varža;

X_{KHAE1} - pirma Kruonio oro linijos varža;

X_{KHAE2} - antra Kruonio oro linijos varža;



3.2 pav. Dvigrandė linija į Kruonį

Bendra sistemos reaktyvioji varža:

$$\frac{1}{X_{s\Sigma}} = \frac{1}{X_{HVDC}} + \frac{1}{X_{KHAE}} + \frac{1}{X_{LE}} + \frac{1}{X_{AT1}} + \frac{1}{X_{AT2}} + \frac{1}{X_{Gar}} \quad (8)$$

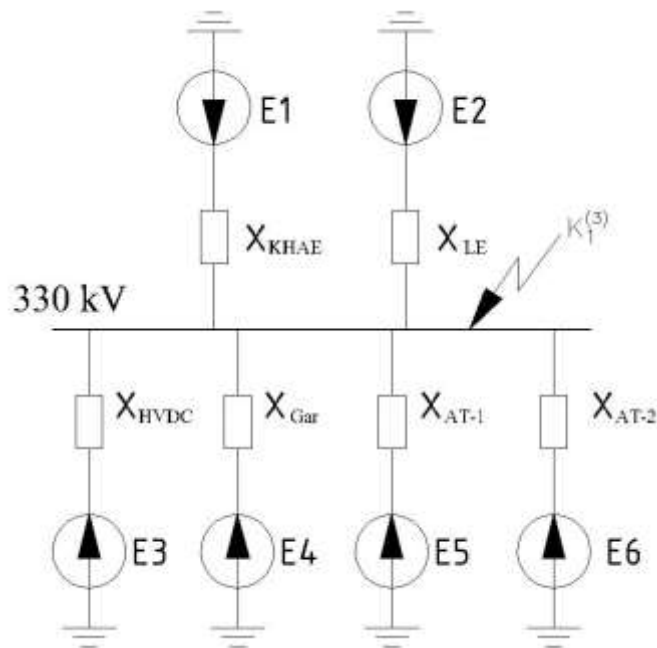
Čia: $X_{s\Sigma}$ - suminė sistemos varža;

X_{LE} - Lietuvos elektrinės sistemos varža;

X_{Gar} - Lietuvos elektrinės sistemos varža;

X_{AT-1} - pirmas Autotransformatorius prijungtas prie 330kV skirstyklos;

X_{AT-2} - antras Autotransformatorius prijungtas prie 330kV skirstyklos;



3.3. pav. Visos suminės varžos

Prastinu sistemų varžas ir gaunu suminę sistemos varžą:

$$X_{s\Sigma} = 8.88\Omega$$

Suminė trumpojo jungimo srovė:

$$I_{K\Sigma} = \frac{1,1 * E_S}{\sqrt{3} * X_{S\Sigma}} = 23,6 \text{ kA} \quad (9)$$

Čia: E_S - sistemos elektrovara;

$X_{S\Sigma}$ - suminė sistemos varža;

3.1 Smūginė trumpojo jungimo srovė

Paskaičiuojama smūginė trumpojo jungimo srovė, trumpojo jungimo srovės aperiodinė bei periodinė dedamosios laiko momentu $t = 0.2s$;

Smūgio srovės amplitudinė vertė:

$$i_{sm} = \sqrt{2} \cdot k_{sm} \cdot I_{K\Sigma} \quad (10)$$

$$i_{sm} = \sqrt{2} \cdot 1.82 \cdot 23.6 = 60.74 \text{ kA}$$

k_{sm} - smūgio koeficientas;

$I_{K\Sigma}$ - suminė trumpojo jungimo srovė:

smūgio koeficientas:

$$k_{sm} = 1 + e^{\frac{0.01}{T_a}} = 1 + e^{\frac{0.01}{0.05}} = 1.82 \quad (11)$$

T_a - laiko pastovioji, kuri lygi $T_a = 0.05 \text{ s}$.

Trumpojo jungimo srovės aperiodinė dedamoji laiko momentu t :

$$i_{a,t} = \sqrt{2} \cdot I_{p0} \cdot e^{-\frac{t}{T_a}} \quad (12)$$

t - visiško atjungimo laikas. Priimu, kad 330kV įtampos jungtuvų $t = 0.2 \text{ s}$.

Periodinė srovės dedamoji:

$$I_{p,t} = I_{p,0} \quad (13)$$

Trifazio trumpojo jungimo srovės:

3. 3. Lentelė. Trifazio trumpojo jungimo srovės

Trifazis trumpasis jungimas	$I_{p,0}$, kA	k_{sm} ,	i_{sm} , kA	$i_{a,t}$, kA
330 kV	23,6	1,82	60,74	0,61

4. APARATŲ PARINKIMAS

Prieš parenkant įrenginius apskaičiuojama ilgalaikio režimo forsuota srovė.

$$I_{df} = 1.5 \cdot \frac{S_n}{\sqrt{3} \cdot U_n} \quad (14)$$

$$I_{df} = 1.5 \cdot \frac{S_n}{\sqrt{3} \cdot U_n} = 1.5 \cdot \frac{630 \cdot 10^3}{\sqrt{3} \cdot 330 \cdot 10^3} = 1653A$$

Čia: S_n - nominali galia;

U_n - nominali įtampa;

Šiluminis impulsas neskaičiuojamas, kadangi jei aparatai atlaikys smūginę trumpojo jungimo srovę, tai atlaikys ir šiluminį impulsą.

4.1 Jungtuvų parinkimas

Jungtuvas - tai mechaninis komutavimo įrenginys skirtas elektros srovei išjungti esant įvairiems tinklo režimams. Jis turi užtikrinti patikimą elektros grandinės išjungimą ir lanko gesinimą, esant ilgalaikiams ir trumpalaikiams nenormaliems tinklo režimams: trumpiesiems jungimams, atmosferos viršįtampiams, perkrovoms, elektros tinklo įrenginių gedimams.

4.1.1 330kV jungtuvų parinkimas

4. 1. Lentelė. 330 kV jungtuvų parinkimas

Parinkimo sąlyga	Skaičiavimo duomenys	Katalogo duomenys
		ALSTOM- GL315X
$U_{ir} \leq U_N$	$U_{ir} = 330 \text{ kV}$	$U_N = 362 \text{ kV}$
$I_{df} \leq I_N$	$I_{df} = 1653 \text{ A}$	$I_N = 4000 \text{ A}$
$I_{p,t} \leq I_{atj}$	$I_{p,t} = 23.6 \text{ kA}$	$I_{atj} = 40 \text{ kA}$
$I_{p,0} \leq I_d$	$I_{p,0} = 23.6 \text{ kA}$	$I_d = 40 \text{ kA}$
$i_{sm} \leq i_d$	$I_{sm} = 60.74 \text{ kA}$	$i_d = 63 \text{ kA}$

Parinkamų jungtuvų sąlygos turi viršyti apskaičiuotus duomenis, tada jie bus tinkami naudoti ir tenkins reikalavimus. Šiuo atveju parinkti jungtuvai yra Alstom firmos.

4.2 Skyriklių parinkimas

Skyriklis yra aukštosios įtampos komutacijos aparatas, skirtas neapkrautoms grandinėms įjungti ir išjungti. Skyrikliais regimai atjungiamos grandinės aparatų remonto metu arba įvykus

gedimui šynose prieš jį. Jų pagrindiniai parametrai yra vardinė įtampa, vardinė srovė, dinaminio ir terminio atsparumo srovės ir terminio atsparumo trukmė.

4.2.1 330kV Skyriklių parinkimas

4. 2. Lentelė. 330 kV skyriklių parinkimas

Parinkimo sąlyga	Skaičiavimo duomenys	Duomenys iš katalogo
		3DN1CB
$U_{ir} \leq U_N$	$U_{ir} = 330 \text{ kV}$	$U_N = 362 \text{ kV}$
$I_{df} \leq I_N$	$I_{df} = 1653 \text{ A}$	$I_N = 2000 \text{ A}$
$i_{sm} \leq i_d$	$I_{sm} = 60.74 \text{ kA}$	$I_d = 63 \text{ kA}$

Parentant skyriklius atsižvelgiama į vardinę įtampą, ilgalaikio režimo forsuoją srovę ir smūginę srovę. Jei parinktas skyriklis atlaiko smūginę trumpojo jungimo srovę, tai atlaikys ir šiluminį impulsą. Vykdamas skirstyklos išplėtimą, bus naudojami dviejų rūšių skyrikliai: su vienu arba dviem įžeminimo peiliais.

4.3 Srovės matavimo transformatorių parinkimas

Srovės transformatorius yra įrenginys, skirtas srovę keisti iki patogios matuoti reikšmės, o taip pat atskirti antrines grandines nuo pirminių. Srovės transformatoriai įrengiami tose grandinėse, kur reikia matuoti srovę.

Skirstyklos jungtuvų prijunginiuose yra numatyti srovės transformatoriai su šešiomis antrinėmis apvijomis, iš kurių keturios yra skirtos linijų ir šynų arba šynuočių srovinių diferencinių apsaugų prijungimui, viena srovės kontrolei (JRI, FNA, matavimai) ir viena elektros energijos kontrolinei apskaitai. Kiekvienos linijos apsaugų komplektai jungiami prie 330kV jungtuvų narveliuose statomų srovės transformatorių skirtingų matavimo apvijų. Į apsaugų analoginius įėjimus paduodama per du prijungimo jungtuvus (srovės transformatorius) tekantių srovių suma. Srovės transformatoriai įžeminami viename taške relinės apsaugos spintoje. Kad būtų galimybė atjungti nuo apsaugos terminalo ir įžeminti vienos iš prijungimo šakų srovės transformatoriu komplekta, kai 330kV linija lieka prijungta per kitą prijungimo šakos jungtuvą, kiekvieno srovės transformatoriaus antrinės srovės prijungimo grandinėse numatomi specialūs bandymo blokai, leidžiantys šias grandines užtrumpinti ir įžeminti, o po to atjungti nuo terminalo.

4.3.1 330kV Srovės matavimo transformatorių parinkimas

4.3. Lentelė. 330 kV srovės matavimo transformatorių parinkimas

Parinkimo sąlyga	Skaičiavimo duomenys	Katalogo duomenys
		OSFK 362
$U_{ir} \leq U_N$	$U_{ir} = 330 \text{ kV}$	$U_N = 362 \text{ kV}$
$I_{df} \leq I_N$	$I_{df} = 1653 \text{ A}$	$I_N = 5000 \text{ A}$
$i_{sm} \leq i_d$	$I_{sm} = 60.74 \text{ kA}$	$I_d = 80 \text{ kV}$

4.4 Įtampos matavimo transformatorių parinkimas

Įtampos transformatorius yra įrenginys, skirtas įtampą keisti iki reikiamos, atlikti matavimams srovės, o taip pat atskirti antrines grandines nuo pirminių. Įtampos transformatoriai įrengiami tose grandinėse, kur reikia matuoti įtampą.

4.4.1 330kV Įtampos matavimo transformatorių parinkimas

4.4. Lentelė. 330 kV įtampos matavimo transformatorių parinkimas

Parinkimo sąlyga	Skaičiavimo duomenys	Katalogo duomenys
		OTEF 362
$U_{ir} \leq U_N$	$U_{ir} = 330 \text{ kV}$	$U_N = 362 \text{ kV}$
$I_{df} \leq I_N$	$I_{df} = 1653 \text{ A}$	
$i_{sm} \leq i_d$	$I_{sm} = 60.74 \text{ kA}$	

4.5 Viršįtampių ribotuvų parinkimas

Pagrindinės viršįtampių atsiradimo priežastys tai žaibo smūgiai ir komutaciniai veiksniai. Yra trys pagrindiniai viršįtampių tipai:

- Laikini viršįtampiai. Jų atsiradimo priežastys yra apkrovimo kitimas, įžemėjimas, trumpas jungimas;
- Komutaciniai viršįtampiai. Šie viršįtampiai atsiranda komutavimo metu ir yra mažai slopinami;

- Atmosferiniai viršįtampiai. Jų atsiradimo priežastys tiesioginiai ir netiesioginiai žaibo smūgiai į elektros perdavimo linijas.

4.5.1 330kV Viršįtampių ribotuvų parinkimas

Parentant viršįtampių ribotuvus reikia įvertinti maksimalią ilgalaikę darbinę įtampą- U_c . Taigi parenkama U_c turi būti lygi arba didesnė už vienos fazės maksimalią įtampą.

Skaičiuojama maksimalios ilgalaikės darbinės įtampos vertė:

$$U_c \geq \frac{U_{maks}}{\sqrt{3}} \quad (15)$$

$$U_{maks} = 1,1U_n = 363 \text{ kV} \quad (16)$$

$$U_c \geq \frac{363}{\sqrt{3}} = 210 \text{ kV}$$

Čia: U_c - darbinė įtampa;

U_{maks} - maksimali įtampa;

4. 5. Lentelė. 330 kV viršįtampių ribotuvų parinkimas

Parinkimo sąlyga	Skaičiavimo duomenys
$U_{maks} \leq 1.1 * U_N$	$U_{maks} = 363 \text{ kV}$
$U_c \geq U_{maks}/\sqrt{3}$	$U_c \geq 210 \text{ kV}$

5. SKIRSTYKLOS ĮRENGINIŲ ŽAIBOSAUGA IR IŽEMINIMO KONTŪRAS

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

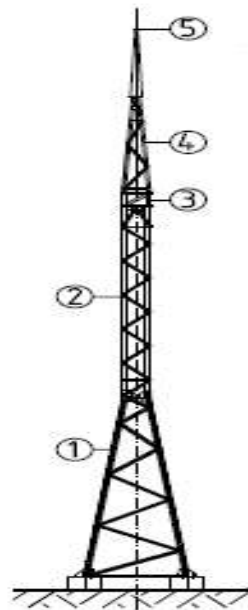
Žaibosaugos klausimai turi būti sprendžiami projektuojant, montuojant ir eksploatuojant pastatus arba statinius. Sutinkamai su tarpautine praktika žaibosaugos sistemos skirstomos į:

- 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 viršįtampių iškroviklius ir ribotuvus.

Jautrūs viršįtampiams yra serveriai, modemai, telekomunikacijų, relinės apsaugos, automatikos įranga. Didelės amplitudės viršįtampių poveikio rezultatas – sugadinta elektroninė ir elektrotechninė įranga, izoliacijos užsidegimas ir gaisro kilimo tikimybė. Impulsinių viršįtampių vertei turi įtaka 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%. 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.



5.1. pav. Linijinis portalas su žaibolaidžiu

5.1. Lentelė. Linijinio portalo su žaibolaidžiu konstrukciniai elementai

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

5.1 Žaibosaugos skaičiavimas

Alytaus 330/110/10 kV TP 330 kV skirstyklos projektuojamos dalies teritorijoje aparatai nuo tiesioginių žaibo smūgių apsaugomi įrengiant du strypinius žaibolaidžius, kurie yra statomi ant šyninių portalų. Be žaibolaidžių ant portalų įrengiami papildomi du žaibolaidžiai su savo atramomis.

čia r_x – saugomos zonos spindulys;

Ž-1 – žaibolaidis įrengiamas ant šyninių portalų;

Ž-2 – žaibolaidis įrengiamas ant šyninių portalų;

Ž-3 – žaibolaidis įrengiamas ant savo atramos;

Ž-4 – žaibolaidis įrengiamas ant savo atramos.

Parinkta, kad visų keturių žaibolaidžių aukštis nuo žemės yra lygus:

$h = 30.4$ m;

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

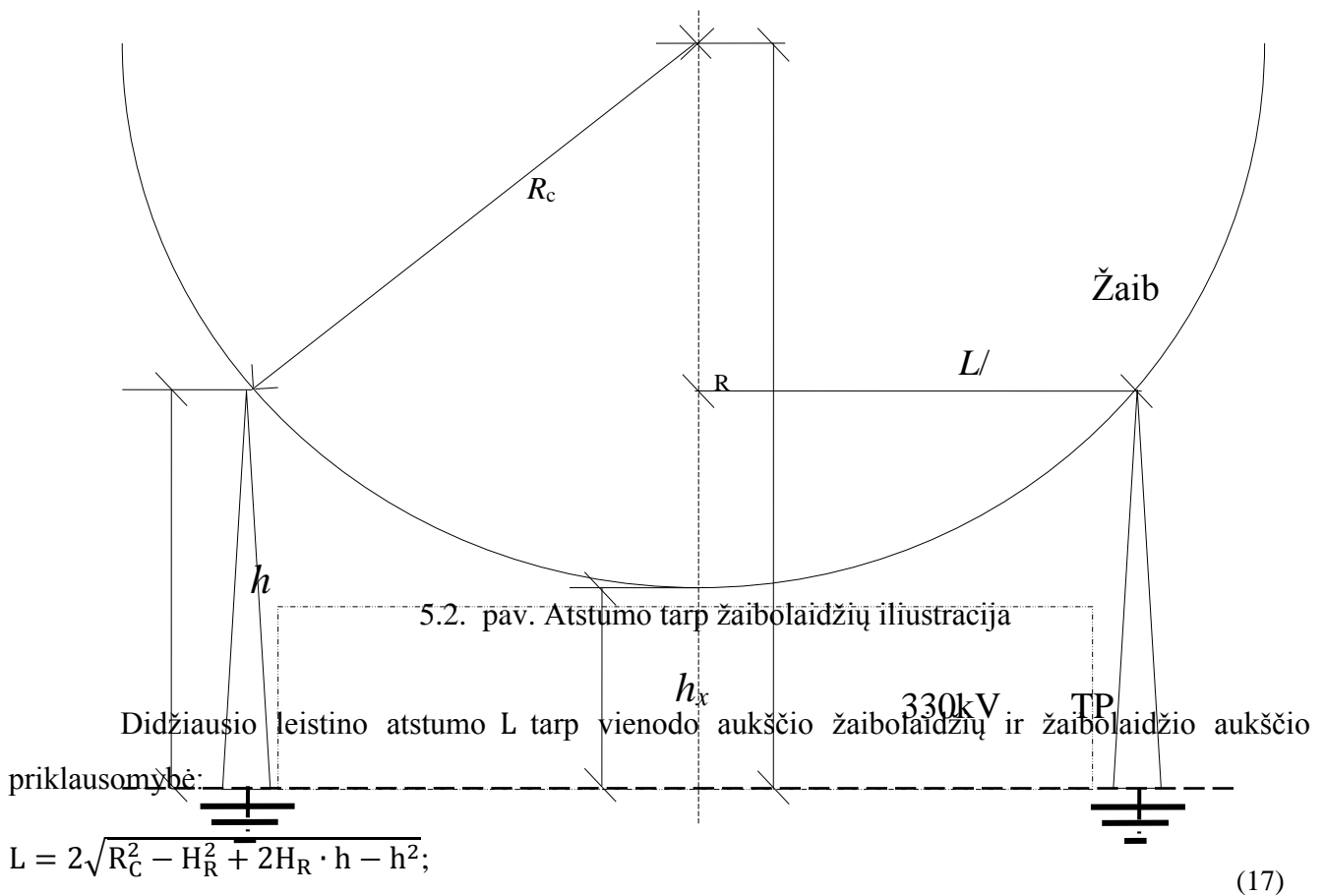
$h_x = 14$ m.

Norint patikrinti ar keturi žaibolaidžiai, kurie yra išdėstyti ant portalų, parinkti teisingai, reikia surasti maksimalų atstumą, per kurį gali būti nutolę du, vienodo aukščio žaibolaidžiai, kurių saugomas aukštis (h_x) būtų nemažesnis negu 14 metrai.

Skirstyklos apsauga nuo tiesioginio žaibo smūgio turi būti apsaugota pagal III - čią apsaugos klasę.

5. 2. Lentelė. Sferos parametrų priklausomybė nuo žaibolaidžio apsaugos patikimumo klasės

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



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

L - atstumas tarp vienodo aukščio žaibolaidžių;

h - žaibolaidžio aukštis;

R_c - sferos spindulys;

$$H_R = R_C + k_r \cdot h_x; \quad (18)$$

Čia: k_r – atsargos faktorius (1,1 – 1,2);

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

Atsargos faktorių pasirenkamas 1,15;

Tuomet apskaičiuojamas aukštis iki sferos centro iš formulės (18):

$$H_R = 45 + 1,15 \cdot 14 = 61 \text{ m};$$

Randamas didžiausias leistinas atstumas tarp vienodo aukščio žaibolaidžių iš formulės (17):

$$L = 2\sqrt{45^2 - 61^2 + 2 \cdot 61 \cdot 30,4 - 30,4^2} = 66 \text{ m};$$

5. 3. Lentelė. Atstumai tarp žaibolaidžių

Žaibolaidžiai	Atstumas, m
Ž1-Ž2	48
Ž2-Ž3	36.5
Ž3-Ž4	48
Ž4-Ž1	36.5
Ž1-Ž3	60.3
Ž2- Ž4	60.3

Apskaičiuojamas apsaugos zonos spindulys- r_x pagal formulę:

$$r_x = \sqrt{2R_C \cdot h - h^2} - \sqrt{2R_C \cdot h_x - h_x^2}; \quad (19)$$

Randamas visų keturių vienodo aukščio žaibolaidžių apsaugos zonos spindulys- r_x :

$$r_x = \sqrt{2 \cdot 45 \cdot 30,4 - 30,4^2} - \sqrt{2 \cdot 45 \cdot 14 - 14^2} = 9,9 \text{ m}; \quad (20)$$

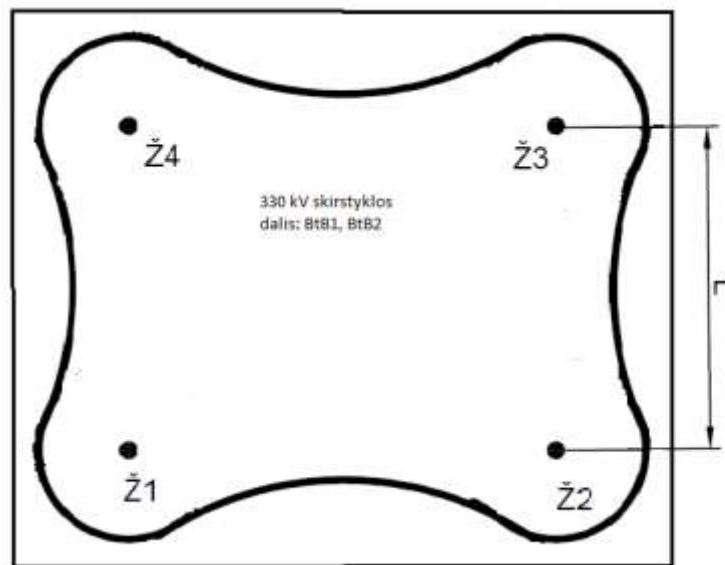
Visi keturi žaibolaidžiai sudaro nenutrūkstamą apsaugos tinklą, į žaibolaidžių apsaugos zoną įeina visi, projektuojamos 330 kV skirstyklos dalies, aparatai.

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

$$r_{cx} = \sqrt{2 \cdot R_C \cdot h - h^2 - L^2/4} - \sqrt{2 \cdot R_C \cdot h_x - h_x^2}; \quad (21)$$

Skaičiuojama siauriausia saugomos zonos vieta tarp Ž1- Ž4 žaibolaidžių:

$$r_{cx} = \sqrt{2 \cdot 45 \cdot 30,4 - 30,4^2 - 36,5^2/4} - \sqrt{2 \cdot 45 \cdot 14 - 14^2} = 5,85 \text{ m};$$



5.3. pav. Žaibolaidžių išdėstymas skirstyklos teritorijoje

5.2 Įžeminimo kontūro skaičiavimas

Daugelis elektros prietaisų turi metalines detales, prie kurių gali prisiliesti pastotėje dirbantis asmuo. Veikiant tokiems prietaisams ant metalinių detalių dėl gedimų, schematikos ir konstrukcijos ypatumų, blogos izoliacijos, o taip pat nuo žingsnio įtampos poveikio, gali atsirasti gyvybiškai pavojingi įtampos potencialai. Tam, kad išvengti namalonių pojūčių ir galimų nelaimingų atsitikimų, reikia tokius prietaisus įžeminti. T.y. nuleisti krūvį į žemę. Tai daroma pajungiant prietaiso korpusą į trečią įvado laidą, kuris vadinamas žeme sujungiant jį su įžeminimo kontūru. Įžeminimo kontūras - tai metalinės juostos, vamzdžių konstrukcijos, kurios įkastos į žemę.

Reikia įžeminti visas metalines dalis, kuriose, pažeidus izoliaciją, gali atsirasti aptarnaujantiems personalui pavojinga įtampa. Įžeminama:

- elektros mašinų, įrenginių, transformatorių ir šviestuvų korpusai;
- atvirų skirstomųjų įrenginių metalinės konstrukcijos;
- matavimo transformatorių antrinės grandinės, skydų ir spintų karkasai;
- kabelių movų metalinės dalys, jėgos ir kontrolinių kabelių šarvai;
- metalinės kilnojamų elektros ėmėjų dalys;
- apšvietimo ir jėgos tinklo nuliniai ir apsauginio įžeminimo laidai.

Minimalus įžeminimo elemento skerspjūvio plotas apskaičiuojamas taip:

$$s = I_{TJ} \cdot \frac{\sqrt{t_p}}{C} \quad (22)$$

$$s = 23600 \cdot \frac{\sqrt{0,15}}{74} = 123 \text{ mm}^2$$

čia: s – elemento minimalus skerspjūvio plotas mm^2 ;

I_{TJ} – nusistovėjusi trumpojo jungimo srovė, A;

t_p – trumpojo jungimo srovės trukmė (0,15), s;

C – konstanta (plienui – 74, variui – 195, aliuminiui – 112).

Apskaičiuojamas 330 kV BtB1, BtB2 skirstyklos įžeminimas. Įžeminimo kontūro varža turi būti mažesnė nei $0,5\Omega$ ($R_{iž} \leq 0,5\Omega$). Horizontali 30x40 mm cinkuota plieno juosta montuojama 0,8 m gylyje. Horizontalaus įžemiklio kontūro ilgis 970 m. Tvora prie įžeminimo kontūro nejungiama. Elektrodai – variniai strypai, kurių skersmuo 0,05, o ilgis 6 metrai. Priimta, kad natūralių įžemiklių įžeminimo varža bus 20Ω .

Įžeminimo skaičiavimui naudosime tokius pradinius duomenis:

apsaugomos linijos plotas $S = 60 \times 70 \text{ m}^2$;

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

Įžeminimo tinklo gylis $t = 0,8 \text{ m}$;

Vertikalaus įžemiklio ilgis $l_v = 6 \text{ m}$;

Atstumas tarp vertikalių įžemiklių $a = 5,7 \text{ m}$;

Viršutinio ir apatinio grunto sluoksnių ribos gylis $h_1 = 2 \text{ m}$;

Relinės apsaugos suveikimo laikas $t_{RA} = 0,15 \text{ s}$;

Komutacijos aparatų suveikimo laikas $t_{atj} = 0,14 \text{ s}$;

5. 4. Lentelė. Grunto savitoji varža

Gruntas	Savitoji varža ρ , Ωm
Molis	70
Molis akmenuotas	100
Smėlis	500
Klintys	2000
Žvyras	1000
Priemolis	100
Priesmėlis	300
Juodžemis	30
Durpės	20
Puri uoliena	250
Gruntinis vanduo	50

Parenkant įžeminimo kontūro vertikalinių elektrodų skaičių pirmiausia, pagal 5.4. lentelę parenkama grunto savitoji varža. 330kV skirstyklos projektuojamoje vietoje gruntas yra molis, todėl $\rho=70 \Omega\text{m}$.

$$\rho_{\text{sk.molis}} = 70 \Omega\text{m}$$

Skaičiuojamoji grunto varža, įvertinus sezoniškumo koeficientą, apskaičiuojama pagal (23) formulę:

$$\rho_{\text{sk}} = \psi_v \cdot \rho_{\text{sk.molis}} \quad (23)$$

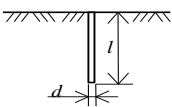
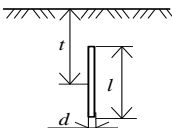
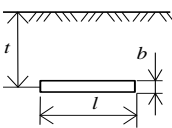
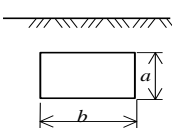
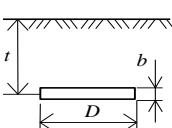
ψ_v –koeficientas, įvertinantis grunto drėgnumą, skaičiuojant vertikalinių elektrodų varžą. Jis lygus 1,6 parinktas iš priedas nr.1.

Skaičiuojamoji grunto varža pagal (23) formulę:

$$\rho_{\text{sk.v}} = 1,6 \cdot 70 = 112\Omega\text{m};$$

Toliau skaičiuojamos ekvivalentinės varžos nuotėkio srovei pagal 5.5. lentelėje pateiktas formules.

5.5. Lentelė. Ekvivalentinės elemento varžos nuotėkio srovei apskaičiavimo formulės

Elemento tipas	Apskaičiavimo formulė	Elemento padėtis	Pastabos
Vertikalusis, iš apvalaus plieno, viršutinioji dalis paviršiuje (l – ilgis, d – skersmuo)	$R_{v0} = \frac{\rho_{sk.v}}{2\pi l} \ln \frac{4l}{d}$		l > d
Vertikalusis, iš apvalaus plieno, viršutinioji dalis įgilinta į t gylį (l – ilgis, d – skersmuo)	$R_{v0} = \frac{\rho_{sk.v}}{2\pi l} \left(\ln \frac{4l}{d} + \frac{1}{2} \ln \frac{4t+l}{4t-l} \right)$		l > d
Horizontalusis, iš apvalaus plieno, įgilinta į t gylį (l – ilgis, b – apvalaus plieno skersmuo arba juostos plotis)	$R_{h0} = \frac{\rho_{sk.h}}{2\pi l} \ln \frac{2l^2}{bt}$		$\frac{l}{2t} > 2,5$
Metalinė plokštė, vertikaliai įgilinta (b – ilgis, a – plotis)	$R_{v0} \approx \frac{\rho_{sk.v}}{\sqrt{ab}}$		
Horizontalusis žiedas, iš plieno juostos, įgilintas į t gylį (l – ilgis, b – plieno juostos plotis)	$R_{h0} = \frac{\rho_{sk.h}}{2\pi^2 D} \ln \frac{8D^2}{bt}$		t < D/2, jei įžemiklis apvalus (d – skersmens), tai b=2d

Vertikalaus elektrodo varža:

$$R_{v0} = \frac{\rho_{sk.v}}{2\pi l} \cdot \left(\ln \left(\frac{4l}{d} \right) + \frac{1}{2} \ln \left(\frac{4t+l}{4t-l} \right) \right) \quad (24)$$

Čia: l – elektrodo ilgis, m.

t – atstumas nuo žemės paviršiaus iki elektrodo vidurio, kuris apskaičiuojamas:

$$t = \frac{6}{2} + 0,8 = 3,8\text{m} \quad (25)$$

d – elektrodo skersmuo

Apskaičiuojama elektrodo varža naudojant (24) formulę:

$$R_{v0} = \frac{112}{2 \cdot 3,14 \cdot 6} \cdot \left(\ln\left(\frac{4 \cdot 6}{0,05}\right) + \frac{1}{2} \ln\left(\frac{4 \cdot 3,8 + 6}{4 \cdot 3,8 - 6}\right) \right) = 19,6\Omega;$$

Parentamas ekranavimo koeficientas $\eta = 0,5$ ir apskaičiuojamas preliminarus elektrodų skaičius:

$$n = \frac{R_{v0}}{\eta \cdot R_{jž}} = \frac{19,6}{0,5 \cdot 0,5} = 78,4 \quad (26)$$

Čia: η - ekranavimo koeficientas:

Priimamas elektrodų skaičius $n = 79$.

Ižemiklius jungianti horizontali juosta klojama 0,8 m gylyje, įvertinant sezoniškumo koeficientą, apskaičiuojama skaičiuojamoji grunto varža. ψ_H - koeficientas, įvertinantis grunto drėgnumą, skaičiuojant horizontalių elektrodų varžą. Jis lygus 2,5. Parinktas iš priedas nr.1.

$$\rho_{sk,h} = \psi_h \cdot \rho_{sk,molis} \quad (27)$$

Skaičiuojamoji grunto varža apskaičiuojama naudojant (27) formulę:

$$\rho_{sk,h} = 2,5 \cdot 70 = 175\Omega\text{m}$$

Horizontalaus elektrodo varža. Apskaičiavimo formulė parinka iš 5.5 lentelės :

$$R_{h0} = \frac{\rho_{sk,h}}{2\pi l} \cdot \ln\left(\frac{2l^2}{bt}\right); \quad (28)$$

Čia $l = 970$ m:

$$R_{h0} = \frac{175}{2 \cdot 3,14 \cdot 970} \cdot \ln\left(\frac{2 \cdot 970^2}{0,05 \cdot 0,8}\right) = 0,51 \Omega;$$

Parentamas ekranavimo koeficientas $\eta = 0,27$ ir apskaičiuojama patikslinta juostos varža:

$$R'_j = \frac{R_{h0}}{\eta} = \frac{0,51}{0,27} = 1,9\Omega; \quad (29)$$

Apskaičiuojama būtina elektrodų įžeminimo varža:

$$R_k = \frac{R_j \cdot R_{iž}}{R_j - R_{iž}} \quad (30)$$

$$R_k = \frac{R_j \cdot R_{iž}}{R_j - R_{iž}} = \frac{1,9 \cdot 0,5}{1,9 - 0,5} = 0,68\Omega;$$

Patikslinamas būtinas elektrodų skaičius:

$$n = \frac{R_{v0}}{\eta \cdot R_k} \quad (31)$$

$$n = \frac{R_{v0}}{\eta \cdot R_k} = \frac{19,6}{0,5 \cdot 0,68} = 57,6$$

Priimamas galutinis elektrodų skaičius $n = 58$.

Visų elektrodų varža yra:

$$R_{e,sum} = \frac{R_{v0}}{\eta \cdot n} \quad (32)$$

$$R_{e,sum} = \frac{R_{v0}}{\eta \cdot n} = \frac{19,6}{0,5 \cdot 58} = 0,7\Omega;$$

Apskaičiuojama viso įžeminimo kontūro atstojamoji varža:

$$R_{iž} = \frac{R_{e,sum} \cdot R_j}{R_{e,sum} + R_j} \quad (33)$$

$$R_{iž} = \frac{R_{e,sum} \cdot R_j}{R_{e,sum} + R_j} = \frac{0,7 \cdot 1,07}{0,7 + 1,07} = 0,423\Omega;$$

Kontūro varža neviršija taisyklių nustatytos leistinos įžeminimo varžos dydžio $0,488 < 0,5 \Omega$ sąlyga tenkinama. Įžeminimo kontūras parinktas teisingai.

6. SĄMATA

6.1. Lentelė. Pateikiama projekto sąmata

Pavadinimas	Tipas	Mato vienetas	Kiekis	Kaina, €	Vertė, €
Jungtuvai	GL315X	Vnt.	4	83368	333472
Vienpolis skyriklis su žeminimo peiliais iš vienos pusės	3DN1CB	Vnt.	4	13200	52800
Vienpolis skyriklis su žeminimo peiliais iš abiejų pusių	3DN1CB	Vnt.	2	17900	35800
Srovės transformatorius	OSFK 362	Vnt.	6	12000	72000
Įtampos transformatorius	OTEF 362	Vnt.	2	12000	24000
Viršįtampių ribotuvas		Vnt.	8	4000	32000
Galios transformatorius	TC-630000/330	vnt	2	12600000	25200000
Įrengimai iš viso:					25750072

IŠVADOS

1. Pagal duotus trifazius trumpuosius jungimus 330 kV linijose, apskaičiuotos sistemų varžos ir jas sudėjus gauta suminė sistemos varža, kuri panaudota apskaičiuotant trifazį trumpąjį jungimą 330 kV šynose, esančiose 330 kV skirstykloje. Apskaičiuota smūgio srovės vertė, kai trumpas jungimas 330 kV šynose, esančiose 330 kV skirstykloje.
2. Pagal trumpųjų jungimų sroves apskaičiuotos dinaminio atsparumo sąlygos 330 kV skirstyklos įrenginių parinkimui. Gautos vertės neviršijo parenkamų įrenginių vardinių reikšmių, todėl įrenginiai parinkti tinkamai. Parinkti įrenginiai- jungtuvai, skyrikliai, srovės matavimo transformatoriai, įtampos matavimo transformatoriai, viršįtampių ribotuvai.
3. Parinkti galios transformatoriai aukštos įtampos nuolatinės srovės intarpo išėjimuose į Alytaus 330/110/10 transformatorių pastotės 330kV skirstyklą, pagal maksimalią apkrovą iš keitiklio pusės.
4. Apskaičiuota 330 kV skirstyklos BtB1, BtB2 dalies žaibosaugos zonos, užtikrinančios reikiamą pastotės įrangos apsaugą nuo žaibo. Apskaičiuota įžeminimo kontūro varža, kuri yra mažesnė nei reikalaujama maksimali įžeminimo kontūro varža 0,5 Ω - tai reiškia, jog įžeminimo kontūras atitinka reikalavimus. Parinktas reikiamas vertikalių elektrodų skaičius ir horizontalių elektrodų ilgis, nubraižytas įžeminimo kontūro planas.

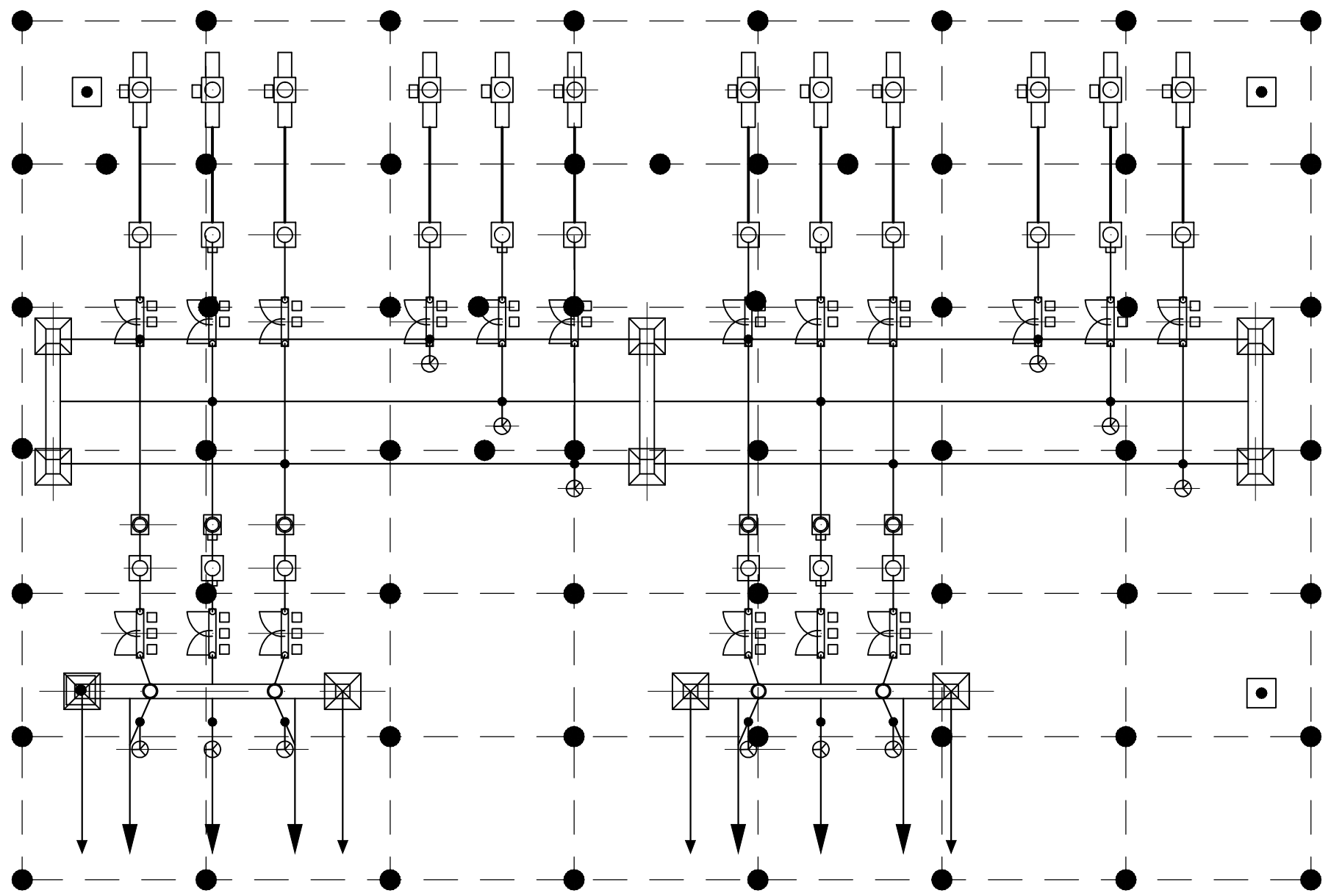
LITERATŪROS SĄRAŠAS

1. Navickas, A. Elektros tiekimo sistemų relinė apsauga. Metodiniai nurodymai kursiniam projektavimui. Kaunas: KPI, 1988. 60 p.
2. Deksnys, R. P., Staniulis, R., Miškinis, V. Elektrinių ir pastočių elektrinė dalis. Kursinis projektavimas. Kaunas: Technologija, 2007. 100 p.
3. Svinkūnas G., Navickas A. Elektros energetikos pagrindai. Kaunas: Technologija, 2011. 203 p.
4. Šatas J. Įmonių elektros įrenginiai ir tinklai: (teorija, projektavimas, pavyzdžiai): mokomoji knyga. Klaipėda, 2003. 130 p.
5. V. Ažubalis, J. Koryzna. Trumpieji jungimai elektros sistemose. Mokymo priemonė. Vilnius: TSR aukštojo ir specialiojo vidurinio mokslo ministerijos leidybinė redakcinė taryba. 1986.
6. Prieiga internetu:
<http://www.alstom.com/Global/Grid/Resources/Documents/Products/High%20voltage%20products/OTEF%20Voltage%20transformers%20100%20kV%20to%20800%20kV%20-%20Brochure%20GB.pdf> [žiūrėta: 2015-05-18].
7. Prieiga internetu:
<http://www.alstom.com/Global/Grid/Resources/Circuit%20Breakers/Documents/GL314%28X%29%20to%20GL318%28X%29%20Live%20tank%20circuit%20breakers%20from%20245%20kV%20to%20800%20kV%20Brochure%20GB.pdf> [žiūrėta: 2015-05-18].
8. Baublys J., Gudžius S., Jankauskas P., LinasMarkevičius L., Alfonsas Morkvėnas, „Žaibas, apsauga nuo žaibo— Vilnius. 2006.

PRIEDAI

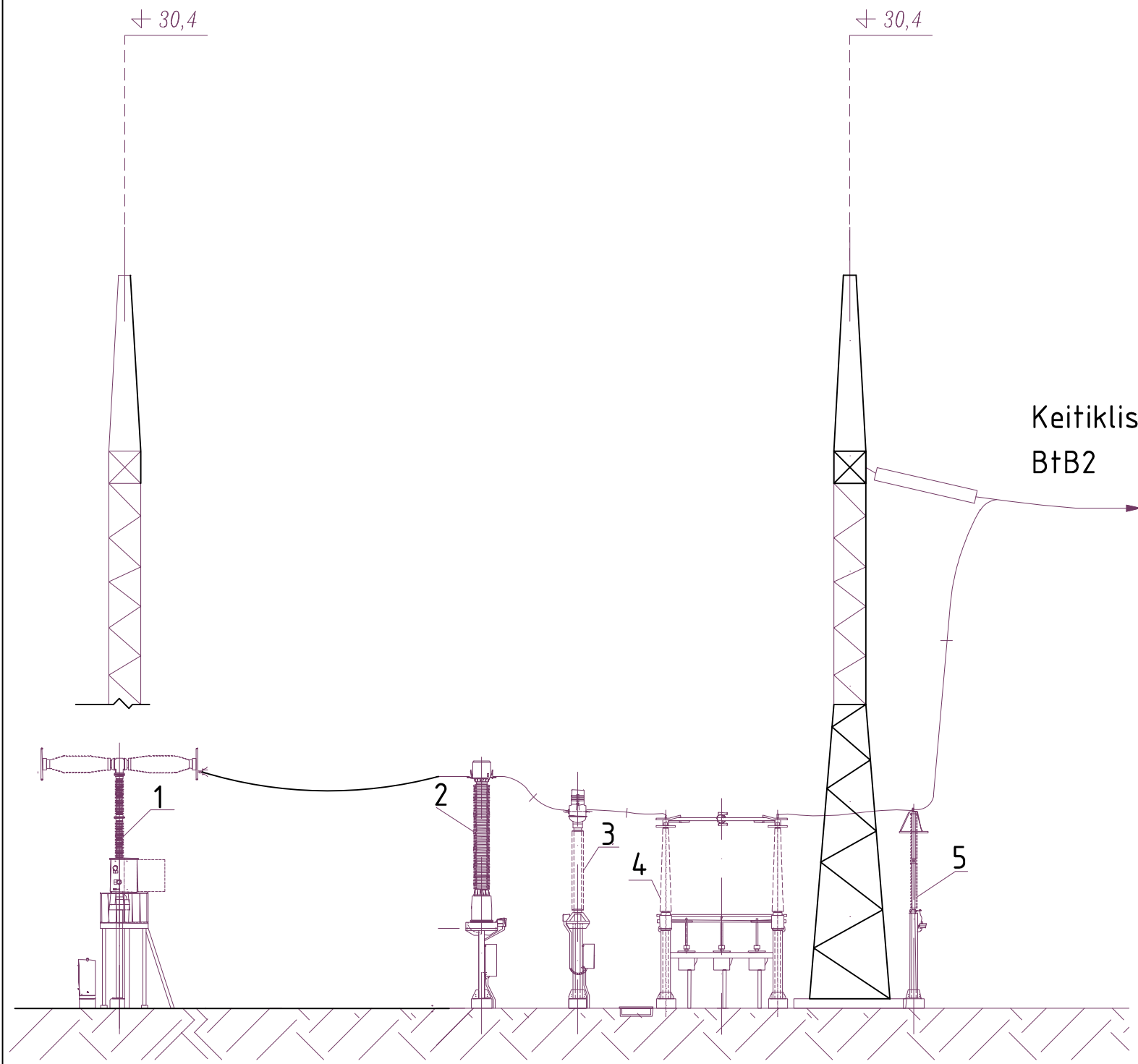
Lentelė. Sezoniškumo koeficiento parinkimas

Klimatinės zonos Charakterizuojantys parametrai	Klimatinė zona			
	1	2	3	4
1. Klimatinės zonos požymiai:				
Vidutinė metinė žemiausia temperatūra, °C	- 20 iki -15	- 14 iki -10	- 10 iki 0	0 iki 5
Vidutinė metinė aukščiausia temperatūra, °C	16 iki 18	18 iki 22	22 iki 24	24 iki 26
Vidutinis kritulių kiekis per metus, cm	40	50	50	30 – 50
Įšalo trukmė, dienų	190 – 170	150	100	0
2. Pataisos koeficiento vertė:				
Vertikaliesiems elektrodams (2–3 m ilgio) įgilintiems 0,5–0,8 m	1,8 – 2,0	1,5 – 1,8	1,4 – 1,6	1,2 – 1,4
Horizontaliesiems elektrodams įgilintiems 0,8 m	4,5 – 7,0	3,5 – 4,5	2,0 – 2,5	1,5 – 2,0



- - Žaibolaidis
- - Vertikalus įžeminimo elektrodas
- — - Horizontalus įžeminimo elektrodas

Grupė	KTU Elektros ir elektronikos fakultetas			Bakalaurinis baigiamasis darbas	
ERA-1	Studentas	M. Mockevičius	2015-05	Įžeminimo kontūras	
					Laida 0
Stadija				2015-BBD-EESK	
BBD				Lapas 4	Lapų 4



- 1- 330 kV jungtuvas
- 2- 330 kV įtampos transformatorius
- 3- 330 kV srovės transformatorius
- 4- 330 kV skyriklis su dviem įžeminimo peiliais
- 5- 330 kV viršįtampių ribotuvas

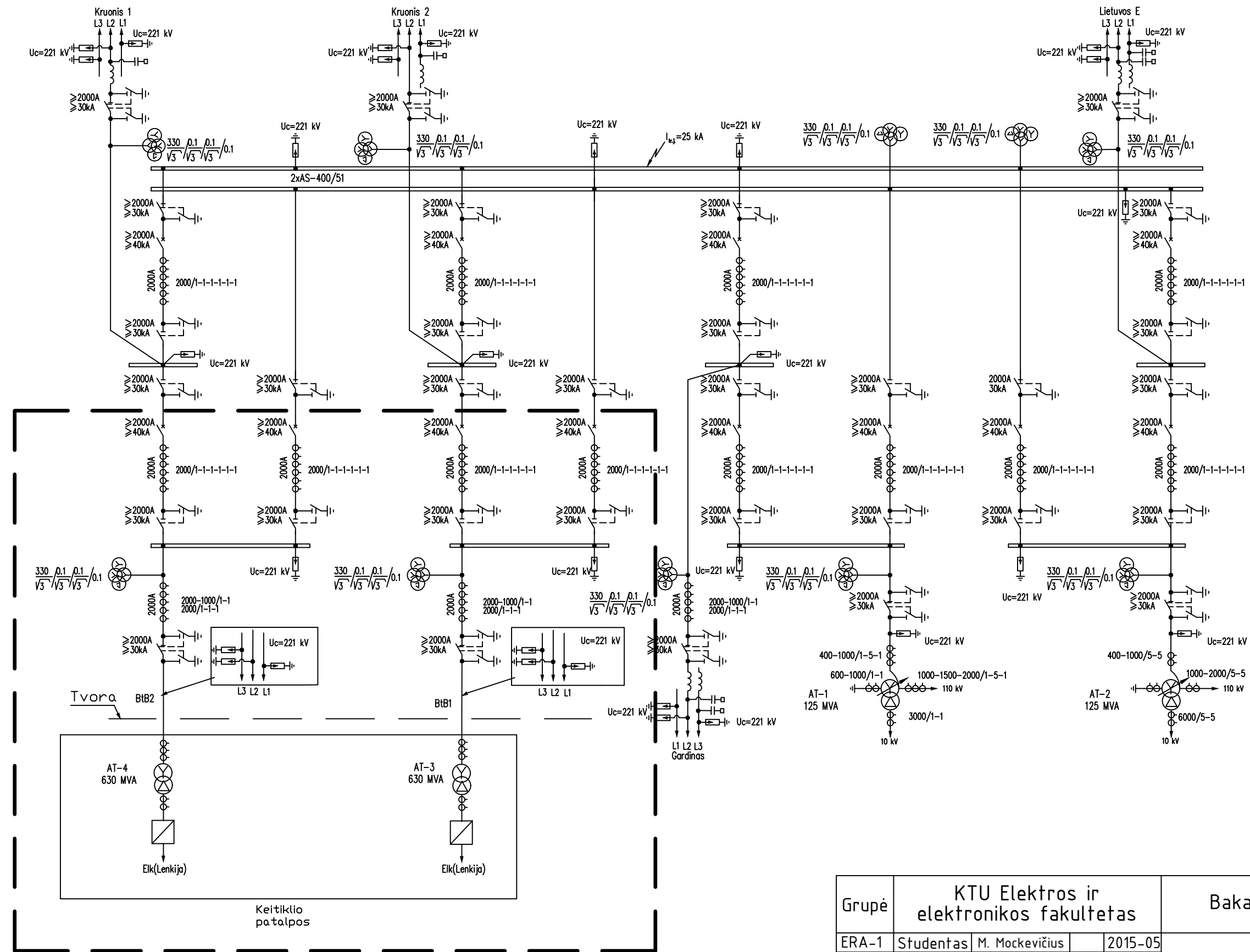
Komentaras:
BtB2 dalis yra tokia pati kaip ir BtB1

Grupė	KTU Elektros ir elektronikos fakultetas			Bakalauro baigiamasis darbas	
ERA-1	Studentas	M. Mockevičius	2015-05	330kV skirstyklos BtB1 dalies pjūvis	Laida 0
Stadija:	Elektros energetikos sistemų katedra Studentų g. 48, Kaunas			2015-BBD-EESK	Lapas 3
BBD					Lapų 4



Projektuojama dalis

Grupė	KTU Elektros ir elektronikos fakultetas			Bakalauro baigiamasis darbas	
ERA-1	Studentas	M. Mockevičius	2015-05	330 kV skirstyklos planas	
				Laida	0
Stadija:	Elektros energetikos sistemų katedra Studentų g. 48, Kaunas			Lapas	Lapu
BBD	2015-BBD-EESK			2	4



- pažymėta projektuojama dalis

Grupė	KTU Elektros ir elektronikos fakultetas			Bakalauro baigiamasis darbas	
ERA-1	Studentas	M. Mockevičius	2015-05	Elektrinių sujungimų schema	
				Laida	0
Stadija:	Elektros energetikos sistemų BBD katedra Studentų g. 48, Kaunas			Lapas	Lapų
				2015-BBD-EESK	1 4