



KAUNO TECHNOLOGIJOS UNIVERSITETAS

ELEKTROS IR ELEKTRONIKOS FAKULTETAS

Vladas Makovskij

**GYVENAMŲJŲ NAMŲ KVARTALO 0,4 kV ELEKTROS TINKLO
PROJEKTAVIMAS**

Baigiamasis bakalauro projektas

Vadovas

Doc. dr. Gytis Svinkūnas

KAUNAS, 2015

KAUNO TECHNOLOGIJOS UNIVERSITETAS

ELEKTROS IR ELEKTRONIKOS FAKULTETAS

ELEKTROS ENERGETIKOS SISTEMŲ KATEDRA

**GYVENAMŲJŲ NAMŲ KVARTALO 0,4 kV ELEKTROS TINKLO
PROJEKTAVIMAS**

Baigiamasis bakalauro projektas
Elektros energetikos technologijos (612H63001)

Vadovas

(parašas) Doc. dr. Gytis Svinkūnas

(data)

Recenzentas

(parašas) Doc. dr.

(data)

Projektą atliko

(parašas) Vladas Makovskij

(data) 2015-05-15

KAUNAS, 2015

BAKALAURO BAIGIAMOJO PROJEKTO UŽDUOTIS

Išduota studentui: *Vladui Makovskij* Grupė *ENE-9*

1. Darbo tema:

Lietuvių kalba: *Gyvenamųjų namų kvartalo 0,4 kV elektros tinklo projektavimas*

Anglų kalba: *Planing of 0,4kV Electric Power Network for a Residential Area*

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

2. Darbo tikslas:

Suprojektuoti 20 gyvenamųjų namų 0,4kV elektros tinklą.

3. Reikalavimai**ir sąlygos:**

Suprojektuoti kabelines linijas, užtikrinti 3 tiekimo patikimumo kategoriją. Vartotojams instaliuoti 10kW galią.

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

Analitinė dalis:

Užduoties analizė.

Skaičiuojamųjų apkrovų nustatymas.

Tinklo schemos sudarymas.

Projektinė dalis:

Apkrovų centro nustatymas ir transformatorinės pastatymo vietos parinkimas.

Vartotojų galių ir tinklo apkrovos galių srautų linijose skaičiavimas.

Po avarinio režimo galios srautų skaičiavimas.

Transformatoriaus, jo apsaugų, transformatorinės ir 10 kV tinklo skaičiavimas ir parinkimas.

Galios skyriklių parinkimas ir patikrinimas.

0,4kV tinklų skaičiavimas ir elementų parinkimas.

Transformatorinės ir 0,4kV linijų pakartotinio nulinio laido įžeminimų skaičiavimas.

Aplinkos ir darbų sauga:

Darbų sauga.

Aplinkos apsauga.

Išvados.

Literatūra ir informaciniai šaltiniai.

5. Ekonominė dalis. Jei reikia ekonominio pagrindimo; turinys ir apimtis konkretizuojama darbo eigoje kartu su vadovu.

--

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

<i>Pateikti tinklo principinę schemą ir elektros tinklo planą.</i>
--

5. Ši užduotis yra neatskiriama bakalauro baigiamojo projekto dalis

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

(data)

Užduotį gavau: *Vladas Makovskij*

(studento vardas, pavardė, parašas)

(data)

Vadovas: *Gytis Svunkūnas*

(pareigos, vardas, pavardė, parašas)

(data)



KAUNO TECHNOLOGIJOS UNIVERSITETAS

ELEKTROS IR ELEKTRONIKOS FAKULTETAS

(Fakultetas)

Vladas Makovskij

(Studento vardas, pavardė)

Elektros energetikos technologijos (612H63001)

(Studijų programos pavadinimas, kodas)

Baigiamojo projekto „Gyvenamųjų namų kvartalo 0,4kV elektros tinklo projektavimas“

AKADEMINIO SĄŽININGUMO DEKLARACIJA

20 15 m. Gegužės 15 d.
Kaunas

Patvirtinu, kad mano **Vladas Makovskij** baigiamasis projektas tema „Gyvenamųjų namų kvartalo 0,4kV elektros tinklo projektavimas“ 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)

Makovskij V. Gyvenamųjų namų kvartalo 0,4kV elektros tinklo projektavimas. Bakalauro baigiamasis projektas / vadovas doc. dr. Gytis Svinkūnas; Kauno technologijos universitetas, elektros ir elektronikos fakultetas, elektros energetikos sistemų katedra.

Kaunas, 2015. 61 psl.

SANTRAUKA

Projekto tema: „Gyvenamųjų namų kvartalo 0,4kV elektros tinklo projektavimas. Baigiamojo projekto tikslui pasiekti iškelti uždaviniai: Baigiamojo projekto transformatorinės vieta parinkta pagal vartotojų apkrovų centrą. Pagal esama gyvenamųjų namų išsidėstymą, suprojektuojamas skirstomasis kabelinis elektros tinklo planas ir paskaičiuojami galių srautai kiekvienoje atkarpoje normalių ir po avarinių režimų. Parinkti linijų kabelių skerspjūvio plotai, bei patikrinti pagal leistinus įtampos nuostolius. Apsaugos parinktos pagal ilgalaikę darbo srovę ir patikrintos pagal trumpo jungimo srovę. Atliekami įžeminimo įrenginio skaičiavimai.

Projektuojant objektą buvo naudojamos metodikos, kurios plačiai taikomos projektuojant realius projektus. Naudota literatūra, kuri yra patvirtinta tam tikrų įstaigų.

Svarbiausi darbo rezultatai: gyvenamųjų namų kvartalo Svajonių ir Trumpojoje gatvėse užtikrinti patikima elektros energijos tiekimą, o tai užtikrins: tikslingai parinktos apsaugos, reikiamo skerspjūvio ploto parinkti kabeliai, kad įtampos nuostoliai linijos gale ne viršytu leistinų normų, tinkamo galingumo transformatorius. Papildomoje darbo dalyje pateikiama suprojektuota elektros tinklo principinė schema ir elektros tinklo planas.

Reikšminiai žodžiai: Elektros tinklas

Makovskij, Vladas. Design of 0,4kV Electric Power Network for a Residential Area, supervisor doc. dr. Gytis Svinkūnas; Kaunas University of Technology, Faculty of Electrical and Electronics Engineering, department of Electrical energy systemes.

Kaunas, 2015. 61 psl.

SUMMARY

The theme of the project: Desing of 0,4kV Electric Power Network for a Residential Area. Final project is to demonstrate the knowledge and competencies. The project transformer's location is chosen by user's load centre. According to current residential location of a houses the plano f electrical power distribution is desinged the power flow in earch section of the normal and abnormal modes, are calculte. The lines of cable cross- sectional areas, as well as is verified, are selected the allowed valtages loss. Security means are according to the current long-term employment and subjected to a short-circuit current. Measurement of earting device are performed. Specification of the main assembly is described.

The object was used in the production techniques that are widely used in the design of actual projects. The literature which is approved by certain agencies.

The most important results of the work: houses in Svajonių and Trumpojoje streets ensure a reliable supply of electricity, purposefully selected for the protection of the required cross-sectional area of cables to choose the voltage loss at the end of the line not exceed the permissible limits, the proper power transformer's. The designed power supply schematic diagram and electrical network plan is presented it the appendix.

Keywords: Electricity network

BAIGIAMOJO PROJEKTO ŽINIARAŠTIS

[illegible]

Turinys

LENTELIŲ SĄRAŠAS.....	11
PAVEIKSLĖLIŲ SĄRAŠAS.....	11
ŽENKLŲ AIŠKINIMO ŽODYNAS.....	12
IVADAS.....	14
1. ANALITINĖ DALIS	15
1.1. Užduoties analizė.....	15
1.2. Skaičiuojamųjų apkrovų nustatymas	15
1.3. Tinklo schemos sudarymas	16
2. PROJEKTINĖ DALIS.....	17
2.1. Apkrovų centro nustatymas ir transformatorinės pastatymas vietos parinkimas	17
2.2. Vartotojų galių ir tinklo apkrovos galių srautų linijose skaičiavimas	18
2.3. Po avarinio režimo galios srautų skaičiavimas	20
2.4. Transformatoriaus, jo apsaugų, transformatorinės ir 10 kV tinklo skaičiavimas ir..... parinkimas.....	23
2.4.1. Transformatoriaus vardinės galios parinkimas	23
2.4.2. 10 kV kabelio parinkimas ir patikrinimas.....	24
2.4.3. Galios skyriklių parinkimas ir patikrinimas	31
2.5. 0,4kV tinklų skaičiavimas ir elementų parinkimas.....	36
2.5.1. Linijos laidininkų skerspjūvio ploto parinkimas ir patikrinimas pagal ilgalaikę leistinąją srovę	36
2.5.2. Linijos laidininkų skerspjūvio ploto patikrinimas pagal leistinus įtampos nuostolius...	37
2.5.3. 0,4kV tinklo komutacinių ir apsaugos aparatų parinkimas ir patikrinimas.....	49
2.6. Transformatorinės ir 0,4kV linijų pakartotinio nulinio laido įžeminimų skaičiavimas.....	55
2.7. Aplinkos ir darbų sauga	57
2.7.1. Darbų sauga.....	57
2.7.2. Aplinkos sauga	59
IŠVADOS.....	60
LITERATŪRA IR INFORMACINIAI ŠALTINIAI	61
Elektros tinklo principinė schema	62
Elektros tinklo planas.....	63

PRIEDAI	60
---------------	----

Lentelių sąrašas

1.1 lentelė. Bendrieji projekto rodikliai.....	15
2.1 lentelė. Atkarpų apkrovų lentelė.....	Klaida! Žymelė neapibrėžta.
2.2 lentelė. Narvelių techniniai duomenys	29
2.3 lentelė. Techniniai nurodymai	31
2.4 lentelė. Techniniai duomenys.	31
2.5 lentelė. Parinktų kabelių lentelė.....	48
2.6 lentelė. Aliumininių kabelių su XLPE izoliacija techninių duomenų lentelė.....	31
2.7 lentelė. Trifazio, įvadinio automatinio jungiklio, šiluminio atkabiklio, vardinės srovės priklausomybė nuo leistinos galios lentelė.....	Klaida! Žymelė neapibrėžta.
2.8 lentelė. Parinktų saugiklių lentelė.....	55

Paveikslėlių sąrašas

1.1 pav. Transformatorinės pastatymo vietą.....	18
2.1 pav.. L-100 linijos apkrovos nuo transformatoriaus iki žiedo nutraukimo taško.....	19
2.2 pav. L-200 linijos apkrovos nuo transformatoriaus iki žiedo nutraukimo taško.	20
2.3 pav. Po avarinis režimas, kaip avarija MT-KS1 schema.....	21
2.4 pav. Po avarinis režimas, kaip avarija MT-KS9 schema.....	22
2.5 pav. Laidininkų su XLPE izoliacija terminio atsparumo grafikas.....	26
2.6 pav. UVN-10-03 ir UVN-10-04 narvelių schemas	28
2.7 pav. Galių srauto pasiskirstymas L-100 linijoje	34
2.8 pav. Galių srauto pasiskirstymas L-200 linijoje	35
2.9 pav. Visos linijos galių srauto pasiskirstymas, kaip linija maitinama iš L-200.....	39
2.10 pav. Visos linijos galių srauto pasiskirstymas, kaip linija maitinama iš L-100	43
2.11 pav. L-100 trumpo jungimo taškas	51
2.12 pav. L-200 trumpo jungimo taškas	53

Ženklių aiškinimo žodynas

$P_{\Sigma sk}$ - aktyvioji atkarpos galia, kW;

P_{sk} - vartotojo aktyvioji galia, kW;

K_{Σ} - gyvenamųjų namų, butų ar sodybų neviėnalaikiškumo koeficientas, kW;

$S_{\Sigma sk}$ – gyvenamųjų namų, butų ar sodybų skaičiuojamųjų apkrovų suma, kW;

$\cos\varphi$ – gyvenamųjų namų, butų ar sodybų skaičiuojamasis galios koeficientas;

R_{L0} - aktyvinė 1km linijos varža, Ω / km ;

X_{L0} - reaktyvinė 1km linijos varža, Ω / km ;

l – linijos ilgis, km.;

U_{Nsk} - skaičiuojamoji vardinė linijinė tinklo įtampa;

I_k - trumpojo jungimo srovė transformatorių pastotėje ant 10kV renkamų šynų, kA.

X_L - reaktyvinė linijos varža iki skaičiuojamojo trumpojo jungimo taško, Ω ;

R_L - aktyvinė linijos varža iki skaičiuojamojo trumpojo jungimo taško, Ω .

S_n - atkarpos skaičiuojamoji pilnoji galia.

Z_{Σ} - atkarpos laidininko pilnoji varža.

U – vardinė įtampa

U_{Nap} - vardinė aparato įtampa, V;

U_{Nji} - vardinė įrenginio įtampa, V.

I_{Natj} - vardinė trumpalaikė srovė, A;

$I_k^{(3)}$ - TP ant 10kV šinu trumpo jungimo srovė

i_p^3 - trumpo jungimo smūgio srovės amplitudė aparato įrengimo vietoje;

$i_{\max}$ - didžiausia amplitudės aparato praleidžiamos trumpo jungimo srovės vertė, garantuoja gamintojo.

k_p – smūgio koeficientas

B_k – trumpo jungimo srovės šiluminis impulsas;

I_{NT} - aparato vardinė leistina terminio stabilumo srovė, A;

T_k – aparato terminio stabilumo vardinis laikas, s.

I_{NT} - aparato vardinė leistina terminio stabilumo srovė, A;

T_k – aparato terminio stabilumo vardinis laikas, s.

U_C - ribotuvo ilgalaikė maksimali darbo įtampa, V;

U_{max} - maksimali tinklo įtampa, V;

ΔU_a - įtampos kryptis atkarpoje, V;

ΔU_l - leistini įtampos nuostoliai;

l_a - atkarpos a ilgis, m;

P_a - atkarpos apkrova, kW;

F_a - atkarpos skaičiuojamasis laidininko skerspjūvio plotas, mm²;

γ - laidininko savitasis laidis, aliuminiui $\gamma = 32 \text{ m}/\Omega \cdot \text{mm}^2$;

U_N - tinklo vardinė įtampa, kV

I_{leist} - leistinoji ilgalaikė įšilimo srovė, A;

I_{sk} - skaičiuojamoji srovė, A;

S_{sk} - pilnutinė skaičiuojamoji linijos ar atkarpos apkrova, kVA

F - linijos atkarpos skerspjūvio plotas, mm².

I_L - saugiklio lyduko vardinė srovė, A;

I_{sk} - skaičiuojamoji (ilgalaikė darbo) srovė, A.

$I_k^{(1)}$ - vienfazio trumpo jungimo srovė linijos gale, A.

$Z_{T/3}$ - transformatoriaus varža vienfaziam trumpajam jungimui, priklausanti nuo jo galios, Ω ;

Z_0 - vieno kilometro kilpos fazė-nulis varža, Ω ;

ρ - grunto savitoji varža, $\Omega \text{ m}$;

R_{iz} - įžeminimo kontūro varža, Ω ;

R_v - vertikalaus įžemiklio varža, Ω ;

n_{iz} - įžemiklio skaičius;

η_v - vertikalaus įžemiklio ekranavimo koeficientas.

[] - Informacinio šaltinio numeris.

IVADAS

Tyrimo objektas: Darbe projektuojamas kvartalo požeminis kabelinis tinklas. Tinklas maitinamas iš vienos transformatorinės 10/0,4 kV. Sujungimams linijose ir pajungimui vartotojams naudojamos kabelinės spintos ir komercinės apskaitos spintos su atskyrimo vieta, kad, esant avarijai linijoje, būtų galima tiekti elektros energiją iš kitos linijos, atlikus komutacinius perjungimus. Planuojant elektros tinklo plėtrą, būtina numatyti elektros tinklo išjungimo remontui galimybę, avarinius ir po avarinius darbo režimus. Pirmiausia turime žinoti, kokie elektros įrenginiai bus projektuojamame objekte ir turėti arba sudaryti jų išdėstymo planą, nustatyti elektros vartotojų kategoriją.

Temos naujumas ir aktualumas: Šiame projekte pasirenku projektuoti naują kabelinę liniją. Kabelių linija negadina kraštovaizdžio, jo nesąlygoja atmosferiniai reiškiniai, pigesni eksploataavimo kaštai. Nors kabelinio tinklo montavimo darbai brangesni, tačiau ilginiui vertė susilygina. Patikimumo atžvilgiu KL pranašesnė už OL. Naudojant KL mažesnė tikimybė, kad bus nelegaliai vartojama elektros energija.

Kabelinių linijos projektavimas ir įrengimas turi būti pagrįstas techniniais ir ekonominiais skaičiavimais, atsižvelgiant į tinklo išplėtimą, linijos paskirtį ir svarbą, trasos pobūdį, klojimo būdą, kabelių konstrukciją.

Šiame gyvenamųjų namų kvartale visi vartotojai bus 3 kategorijos, todėl elektros energiją gaus iš vieno energijos šaltinio. Tačiau atsižvelgiant į perspektyvinę tinklo plėtrą projektuosiu tranzitinę modulinę transformatorinę.

Darbo tikslas ir uždaviniai: Baigiamojo projekto tikslui pasiekti reikalingos šios sąlygos: galios srautų, srovių, įtampos nuostolių skaičiavimai normaliaame bei avariniame režime, siekiant suprojektuoti optimalios struktūros elektros tinklą, užtikrinantį patikimą elektros energijos tiekimą. Šiam tinklui atlikti trumpojo jungimo srovių skaičiavimai, pagal juos parinkti apsaugos ir komutaciniai aparatai, kurie patikimai dirbs normaliaame ir avariniame režime. Įvertinus visus vartotojų poreikius ir perspektyvinę tinklo plėtrą, bei atlikus elektros tiekimo linijų skaičiavimus bus parinkti kabeliai, jų apsauga, reikiamas kiekis kabelių spintų ir komercinių apskaitos spintų.

1. ANALITINĖ DALIS

1.1. Užduoties analizė

Projektuojama 0,4 kV tinklo gyvenamųjų namų kvartalo svajonių g. Gyvenamų namų kvartalui modulinės transformatorinės 10 kV skirstykla pajungiama 10 kV kabelio linija nuo esamos 10 kV oro linijos L - 200 iš 110/10 kV TP artimiausios atramos. Projektuojamas naujas kabelinis tinklas, kuris maitinamas iš vienos transformatorinės. Kadangi nėra svarbių objektu, tai visi vartotojai bus trečios kategorijos ir tinklas maitinsis iš vienos transformatorinės. Vartotojai projektuojami žiūrint i perspektyvą, tai skaičiavimai atlikti, kad visi vartotojai turi stacionarias el. virykles ir vyrauja visiems trifazis tinklas. Vartotojam suprojektuota devynios kabelių spintos KS ir dvejios komercinės apskaitos spintos ir jos statomos 0,6 m nuo sklypu ribos.

Projektuojami elektros kabeliai klojami ne mažiau 0,7 m gylyje. Perėjimuose per gatves kabeliai klojami bus 1 m gylyje, kabelius įveriant į PVC D=110 mm polietileninius vamzdžius. Kadangi aplinkui dar tik pradėjo statytis namai, tai kitos komunikacijos dar neatvestos, tai palengvins darbą tiesiant kabeli.

1.2. Skaičiuojamųjų apkrovų nustatymas

Skaičiuojamosios apkrovos objekte vyrauja vienbučiai gyvenamieji namai su įrengta stacionaria elektrine virykle $P_{sk}=10\text{kW}$; $\cos\varphi=0,92$

1.1 lentelė. Bendrieji projekto rodikliai.

Eil. Nr.	Rodiklis	Mato vienetas	Kiekis	Pastabos
1.	Elektros energijos patikimumo kategorija III	-	-	
2.	Tinklo įtampa (U)	kV	10/0,4	
3.	Fazių skaičius	vnt	3	
4.	Tinklo dažnis (f)	Hz	50	
5.	Skaičiuojamoji galia (P_{sk})	kW	86	
6.	Pilnutinė skaičiuojamoji galia (S_{sk})	kVA	93,4	
7.	Vartotojų skaičius	vnt	20	
8.	Vartotojų vardinė galia	kW	10	
9.	Kabelis AL 3x1x120	km	0,464	
10.	Kabelis AL 3x120	km	0,827	
11.	Kabelis AL 3x16	km	0,064	
12.	Modulinė transformatorinė (MT)	Kompl.	1	

13.	Galios transformatorius 160kVA	vnt	1	
14.	Kabelių spinta (KS)	vnt	9	
15.	Komercinės apskaitos spinta (KAS)	vnt	2	

1.3. Tinklo schemos sudarymas

Projektuojant naujus, rekonstruojant ar kapitališkai remontuojant esamus elektros tinklus, būtina įvertinti aprūpinimo elektros energijos patikimumą, galimybę nutraukti ar apriboti elektros energijos persiuntimą elektros tinklų priežiūros, eksploatacijos, remonto, avarių, gedimų ar sutrikimų šalinimo darbams, galimybę atlikti operatyvinius perjungimus, taip pat turi būti įvertinta tolesnė elektros energijos tinklų plėtra, būsimų ir esamų vartotojų poreikiai, bei racionali elektros tinklų plėtra.

Projektuojama nauja transformatorinė, jos vieta paskaičiuota ir parinkta pagal vartotojų apkrovų centrą. Transformatorinė bus maitina nuo esamos 10kV OL, pastačius naują skyriklinę vien stiebę atramą, nuo kurios bus nutiesta 10 kV kabelių linija iki projektuojamos transformatorinės. Iš projektuojamos transformatorinės išeina dvi 0,4kV elektros skirstomosios linijos (L-100, L200). Linijos magistralinis kabelis 120 mm², o į išsišakojimuose bus 16 mm². Užtikrinant, kad vartotojai gedimų, ar remonto metu būtų aprūpinti elektros energija, linijos L-100 ir L-200 bus sujungti žiedų. Objekte vyrauja žiedinis ir radialinis tinklas.

Nauji vartotojai projektuojami į devynias kabelių spintas (KS) ir dvi komercinės apskaitos spintas (KAS).

2. PROJEKTINĖ DALIS

2.1. Apkrovų centro nustatymas ir transformatorinės pastatymas vietos parinkimas

Transformatorių skaičių ir jų išdėstymą teritorijoje turėtų nulemti elektrifikavimo ekonomiškumas ir vartotojų reikalavimai elektros energijos tiekimo patikimumui, bei elektros energijos tiekimo sąnaudos. Transformatorinės pastatymo vietą nulemia apkrovų centro skaičiavimas.

Tam, kad rasti transformatorinės pastatymo vietą, yra ieškomas vartotojų centras. Apkrovų centro koordinatės apskaičiuojamos pagal formules [2]:

$$X_{ac} = \frac{\sum_1^n \cdot P_n \cdot X_n}{\sum_1^n \cdot P_n} = \frac{P_1 \cdot X_1 + P_2 \cdot X_2 + \dots + P_n \cdot X_n}{P_1 + P_2 + \dots + P_n}, \text{ m}, \quad (2.1)$$

$$Y_{ac} = \frac{\sum_1^n \cdot P_n \cdot Y_n}{\sum_1^n \cdot P_n} = \frac{P_1 \cdot Y_1 + P_2 \cdot Y_2 + \dots + P_n \cdot Y_n}{P_1 + P_2 + \dots + P_n}, \text{ m} \quad (2.2)$$

čia

P_n - n-tojo vartotojo leistinoji arba skaičiuojamoji galia, kW;

X_n - n-tojo vartotojo geometrinio centro „x“ koordinatė, m;

y_n - n-tojo vartotojo geometrinio centro „y“ koordinatė, m.

Apskaičiuojame apkrovų centrą pagal (2.1) ir (2.2) formules:

$$X_{ac} = \frac{10 \cdot 75 + 10 \cdot 90 + 10 \cdot 120 + 10 \cdot 100 + 10 \cdot 120 + 10 \cdot 142 + 10 \cdot 130 + 10 \cdot 160 + 10 \cdot 160 + 10 \cdot 183}{10 + 10}$$

$$\frac{10 \cdot 183 + 10 \cdot 205 + 10 \cdot 205 + 10 \cdot 230 + 10 \cdot 230 + 10 \cdot 125 + 10 \cdot 125 + 10 \cdot 120 + 10 \cdot 110 + 10 \cdot 110}{10 + 10} =$$

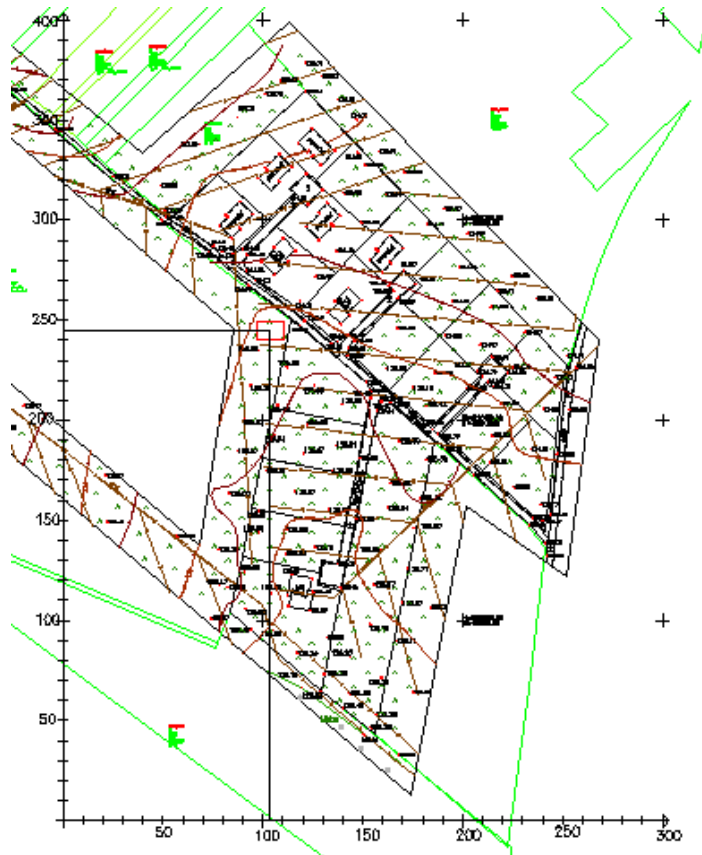
$$= 145 \text{ m.}$$

[illegible]

$$\frac{10 \cdot 230 + 10 \cdot 250 + 10 \cdot 200 + 10 \cdot 220 + 10 \cdot 180 + 10 \cdot 215 + 10 \cdot 190 + 10 \cdot 165 + 10 \cdot 137 + 10 \cdot 113}{m} = 240$$

m.

Pasirinktos koordinatės transformatorinei (103;245).



1.1 pav. Transformatorinės pastatymo vieta.

2.2. Vartotojų galių ir tinklo apkrovos galių srautų linijose skaičiavimas

Apskaičiuoju gyvenamųjų pastatų grupių apkrovas, įvertindamas, kad žiemos ir vasaros sezono metu apkrovos bus tokios pat, linijose ir atkarpose įvertinamas nevienalaikiškumo koeficientas gyvenamiems namams su elektrinėmis viryklėmis, ir galios koeficientas $\cos \varphi = 0,92$.

Skaičiuodamas atkarpų aktyviasias skaičiuojamąsias galias (gyvenamieji namai) naudojuosi nevienalaikiškumo koeficiento metodu, t.y. sumuojant atkarpų galias, pritaikant nevienalaikiškumo koeficientą apskaičiuojama pagal formulę [2]:

$$P_{\Sigma sk} = K_{\Sigma} \cdot n \cdot P_{sk}, \text{ kW} \quad (2.3)$$

čia

$P_{\Sigma sk}$ - aktyvioji atkarpos galia, kW;

P_{sk} - vartotojo pareikalaujama aktyvioji galia, kW;

K_{Σ} - gyvenamųjų namų, butų ar sodybų nevienalaikiškumo koeficiento reikšmės, priklausančios nuo grupėje esančių namų ar sodybų kiekio (Turi būti daugiau kaip 3 namai, nes iki trijų namų koeficientas lygus 1.) nevienalaikiškumo koeficiento grafikas pavaizduotas 1 priedas;

n – vartotojų skaičius.

Pilnutinė skaičiuojamoji elektros apkrova vienbučių gyvenamųjų namų grupėms, kuriems elektros energija persiunčiama iš to paties elektros energijos šaltinio, apskaičiuojama pagal formulę [2]:

$$S_{\Sigma sk} = \frac{P_{\Sigma sk} \cdot K_{\Sigma}}{\cos \varphi_{sk}}, \text{ kVA} \quad (2.4)$$

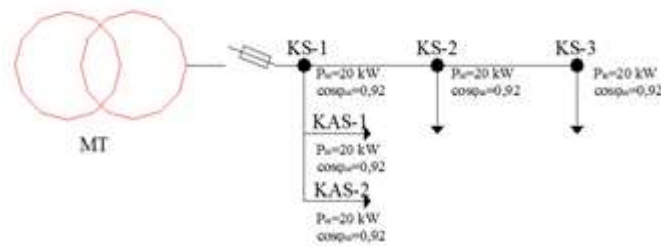
čia

$S_{\Sigma sk}$ – gyvenamųjų namų, butų ar sodybų skaičiuojamųjų apkrovų suma, kW;

$\cos \varphi$ – gyvenamųjų namų, butų ar sodybų skaičiuojamasis galios koeficientas;

K_{Σ} - gyvenamųjų namų, butų ar sodybų nevienalaikiškumo koeficiento reikšmės, Priedas 1, priklausančios nuo grupėje esančių namų ar sodybų kiekio. (Turi būti daugiau kaip 3 namai, nes iki trijų namų koeficientas lygus 1.).

Apskaičiuojame apkrovas nuo transformatoriaus iki žiedo nutraukimo taško (MT→KS-3). L-100 linijoje dešimt gyvenamųjų namų su įrengta stacionaria elektrine virykle.



2.1 pav. L-100 linijos apkrovos nuo transformatoriaus iki žiedo nutraukimo taško

Skaičiuojant apkrovas taikoma (2.4) formulė:

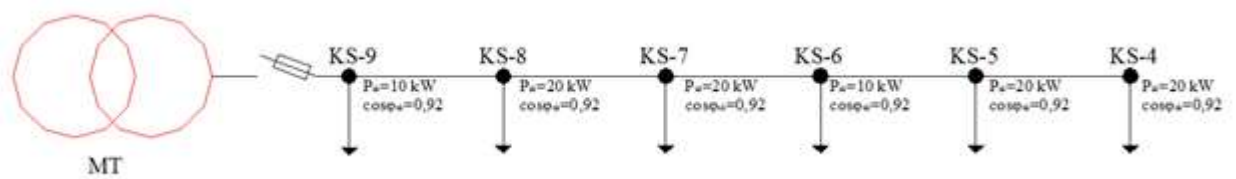
$$S_{\Sigma sk} = \frac{P_{\Sigma sk} \cdot K_{\Sigma}}{\cos \varphi_{sk}};$$

$$S_{KS3-KS2} = \frac{20}{0,92} = 21,7 \text{ kVA};$$

$$S_{KS2-KS1} = \frac{10 \cdot 4 \cdot 0,9}{0,92} = 39,1 \text{ kVA};$$

$$S_{KS1-MT} = \frac{10 \cdot 10 \cdot 0,58}{0,92} = 63 \text{ kVA}.$$

Apskaičiuojame apkrovas nuo transformatoriaus iki žiedo nutraukimo taško (MT→KS-4) . L-200 linijoje dešimt gyvenamųjų namų su įrengta stacionaria elektrine virykle.



2.2 pav. L-200 linijos apkrovos nuo transformatoriaus iki žiedo nutraukimo taško.

Skaičiuojant apkrovas taikoma (2.4) formulė:

$$S_{\Sigma sk} = \frac{P_{\Sigma sk} \cdot K_{\Sigma}}{\cos \varphi_{sk}};$$

$$S_{KS4-KS5} = \frac{20}{0,92} = 21,7 \text{ kVA};$$

$$S_{KS5-KS6} = \frac{10 \cdot 4 \cdot 0,9}{0,92} = 39,1 \text{ kVA};$$

$$S_{KS6-KS7} = \frac{10 \cdot 5 \cdot 0,85}{0,92} = 46,2 \text{ kVA};$$

$$S_{KS7-KS8} = \frac{10 \cdot 7 \cdot 0,72}{0,92} = 54,8 \text{ kVA};$$

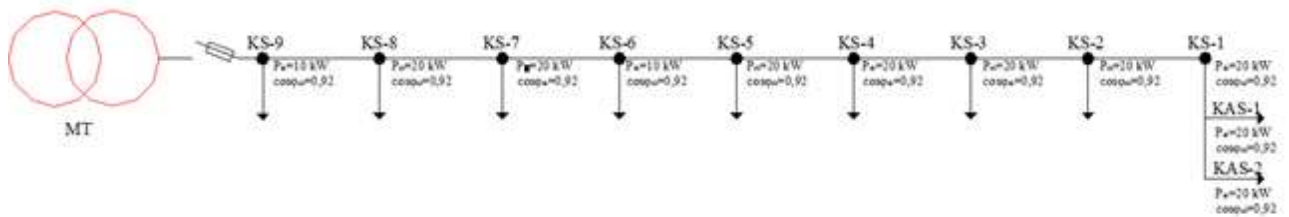
$$S_{KS8-KS9} = \frac{10 \cdot 9 \cdot 0,62}{0,92} = 60,5 \text{ kVA};$$

$$S_{KS9-MT} = \frac{10 \cdot 10 \cdot 0,58}{0,92} = 63 \text{ kVA}.$$

2.3. Po avarinio režimo galios srautų skaičiavimas

Skaičiuojant po avarinio režimo galios srautus, sudarau du variantus, kuriuose gali įvykti avarijos. Pirmoje L-100 linijoje atkarpa MT-KS1, o antroje L-200 linijoje atkarpa MT-KS9.

L-200 linijoje paskaičiuojame galių srautus kiekvienoje atkarpoje, o avariją - atkarpoje TR-KS1.



2.3 pav. Po avarinis režimas, kaip avarija MT-KS1 schema

Skaičiuojant apkrovas taikoma (2.4) formulė:

$$S_{\Sigma sk} = \frac{P_{\Sigma sk} \cdot K_{\Sigma}}{\cos \varphi_{sk}};$$

$$S_{KS1-KS2} = \frac{10 \cdot 6 \cdot 0,78}{0,92} = 51 \text{ kVA};$$

$$S_{KS2-KS3} = \frac{10 \cdot 8 \cdot 0,65}{0,92} = 56,5 \text{ kVA};$$

$$S_{KS3-KS4} = \frac{10 \cdot 10 \cdot 0,58}{0,92} = 63 \text{ kVA};$$

$$S_{KS4-KS5} = \frac{10 \cdot 12 \cdot 0,53}{0,92} = 69,1 \text{ kVA};$$

$$S_{KS5-KS6} = \frac{10 \cdot 14 \cdot 0,49}{0,92} = 74,5 \text{ kVA};$$

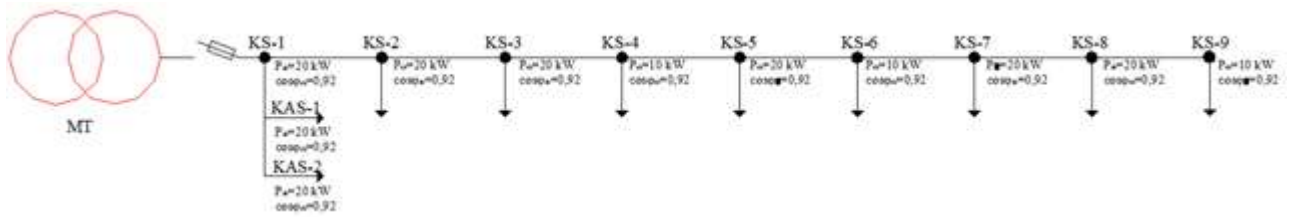
$$S_{KS6-KS7} = \frac{10 \cdot 15 \cdot 0,48}{0,92} = 78,3 \text{ kVA};$$

$$S_{KS7-KS8} = \frac{10 \cdot 17 \cdot 0,46}{0,92} = 85 \text{ kVA};$$

$$S_{KS8-KS9} = \frac{10 \cdot 19 \cdot 0,44}{0,92} = 90,1 \text{ kVA};$$

$$S_{KS9-MT} = \frac{10 \cdot 20 \cdot 0,43}{0,92} = 93,4 \text{ kVA}.$$

L-100 linijoje paskaičiuojame galių srautus kiekvienoje atkarpoje, o avariją - atkarpoje MT-KS9.



2.4 pav. Po avarinis režimas, kaip avarija MT-KS9 schema

Skaičiuojant apkrovas taikoma (2.4) formulė:

$$S_{\Sigma sk} = \frac{P_{\Sigma sk} \cdot K_{\Sigma}}{\cos \varphi_{sk}};$$

$$S_{KS9-KS8} = \frac{10 \cdot 1}{0,92} = 10,9 \text{ kVA};$$

$$S_{KS8-KS7} = \frac{10 \cdot 3}{0,92} = 32,6 \text{ kVA};$$

$$S_{KS7-KS6} = \frac{10 \cdot 5 \cdot 0,85}{0,92} = 46,2 \text{ kVA};$$

$$S_{KS6-KS5} = \frac{10 \cdot 6 \cdot 0,78}{0,92} = 51 \text{ kVA};$$

$$S_{KS5-KS4} = \frac{10 \cdot 8 \cdot 0,65}{0,92} = 56,5 \text{ kVA};$$

$$S_{KS4-KS3} = \frac{10 \cdot 10 \cdot 0,58}{0,92} = 63 \text{ kVA};$$

$$S_{KS3-KS2} = \frac{10 \cdot 12 \cdot 0,53}{0,92} = 69,1 \text{ kVA};$$

$$S_{KS2-KS1} = \frac{10 \cdot 14 \cdot 0,49}{0,92} = 74,5 \text{ kVA};$$

$$S_{KS1-MT} = \frac{10 \cdot 20 \cdot 0,43}{0,92} = 93,4 \text{ kVA}.$$

Visus skaičiavimo rezultatus surašau į 2,1 lentelę.

2.1 lentelė. Atkarpų apkrovų.

Eil. Nr.	Kabelio linijos atkarpa	Skaičiuojamoji apkrova iki normaliai nutraukto žiedo taško		Skaičiuojamoji apkrova poavarinio darbo režimu abiem atvejais			
		kVA	kW	kVA	kW	kVA	kW
1	MT – KS1	63	58	Avarija		93,4	86
2	KS1-KAS1	21,7	20	21,7	20	21,7	20
3	KS1-KAS2	21,7	20	21,7	20	21,7	20
4	KS1-KS2	39,1	36	51	47	74,5	68,5
5	KS2-KS3	21,7	20	56,5	52	69,1	63,5
6	KS3-KS4	Žiedo nutraukimo taškas		63	58	63	58
7	KS4-KS5	21,7	20	69,1	63,5	56,5	52
8	KS5-KS6	39,1	36	74,5	68,5	51	47
9	KS6-KS7	46,2	42,5	78,3	72	46,2	42,5
10	KS7-KS8	54,8	50,4	85	78,2	32,6	30
11	KS8-KS9	60,5	55,7	90,1	83	10,9	10
12	KS9-MT	63	58	93,4	86	Avarija	

2.4. Transformatoriaus, jo apsaugų, transformatorinės ir 10 kV tinklo skaičiavimas ir parinkimas

2.4.1. Transformatoriaus vardinės galios parinkimas

Iš projektuojamos MT elektros energija bus tiekiama 20 gyvenamųjų namų. Bendra visų vartotojų skaičiuojamoji galia

Skaičiuojant taikoma (2.4) formulė:

$$S_{\Sigma sk} = \frac{P_{\Sigma sk} \cdot K_{\Sigma}}{\cos \varphi_{sk}} ;$$

$$S_{\Sigma sk}^{20} = \frac{10 \cdot 20 \cdot 0,43}{0,92} = 93,4 \text{ kVA.}$$

Įvertinant projektuojamų ir perspektyvinių vartotojų prijungimą, parinktas 160 kVA Y/Y-N jungimo grupės galios transformatorius. Pagal EIT 160 kVA galios transformatoriaus apsaugai 10 kV pusėje parenkami 25 A saugikliai, 0,4 kV pusėje parenkamas 200 A saugiklio lydukas.

Parinkta modulinė transformatorinė su vienu 10 kV linijiniu, vienu įvadiniu transformatoriaus narveliu su GS ir viena rezervine vieta. Projektuojamų 0,4 kV KL prijungimui parinkti du 250 A blokai K-S ir numatomos šešios rezervinės vietos.

2.4.2. 10 kV kabelio parinkimas ir patikrinimas

Skaiciuojant įvadinį tinklą atsižvelgiama į skaičiuojamąją apkrovą. Gyvenamų namų kvartalui modulinės transformatorinės 10 kV skirstykla pajungiama 10 kV kabelio linija nuo esamos 10 kV oro linijos L - 200 iš 110/10 kV TP artimiausios atramos . Atstumas nuo atramos iki modulinės transformatorinės įvertinus visas kabelio tiesimo aplinkybes parenkamos optimaliausia 10kV KL kabelio trąsa, kurios bendras ilgis 0,465 km. Kabelio parinkimui nustatoma maksimali trifazio trumpojo jungimo srovė prijungimo taške.

Skaiciuojamoji srovė MT galios transformatoriaus 10 kV pusėje.

Skaiciuojant taikoma (2.22) formulė:

$$I_{sk}^{10kV} = \frac{S_{\Sigma sk}^{20}}{\sqrt{3} \cdot U} = \frac{93,45}{\sqrt{3} \cdot 10} = 5,4 \text{ A}.$$

Atstumas nuo 110/10kV TP iki projektuojamo 10 kV kabelio prijungimo vietos $l=6,621 \text{ km}$.

Duomenys paimti iš [2].

OL savitoji varža A70 laidams $R_{L0} = 0,412 \text{ } \Omega / \text{km}$, $X_{L0} = 0,4 \text{ } \Omega / \text{km}$ ($l=3,975 \text{ km}$).

OL savitoji varža AS35 laidams $R_{L0} = 0,773 \text{ } \Omega / \text{km}$, $X_{L0} = 0,4 \text{ } \Omega / \text{km}$ ($l=0,946 \text{ km}$).

KL 3x1x120 savitoji varža $R_{L0} = 0,236 \text{ } \Omega / \text{km}$, $X_{L0} = 0,08 \text{ } \Omega / \text{km}$ ($l=1,7 \text{ km}$).

Linijos aktyvinė ir reaktyvinė varža [2]:

$$R_L = R_{L0} \cdot l, \text{ } \Omega, \quad (2.5)$$

$$X_L = X_{L0} \cdot l, \quad (2.6)$$

čia

R_{L0} - aktyvinė 1km linijos varža, Ω / km ;

X_{L0} - reaktyvinė 1km 10kV linijos varža, Ω / km ;

l – linijos ilgis , km.

Skaiciuojant taikomos (2.5) ir (2.6) formulės. [2]

OL savitoji varža A70 $R_L = 0,412 \cdot 3,975 = 1,6 \text{ } \Omega$, $X_L = 0,4 \cdot 3,975 = 1,59 \text{ } \Omega$;

OL savitoji varža AS35 $R_L = 0,773 \cdot 0,946 = 0,73 \text{ } \Omega$, $X_L = 0,4 \cdot 0,946 = 0,38 \text{ } \Omega$;

KL 3x1x120 savitoji varža $R_L = 0,236 \cdot 1,7 = 0,4 \text{ } \Omega$, $X_L = 0,08 \cdot 1,7 = 0,14 \text{ } \Omega$.

Bendra visos linijos iki prijungimo taško aktyvinė ir reaktyvinė varža $R_L = 2,73 \text{ } \Omega$, $X_L = 2,11 \text{ } \Omega$.

Ant 10 kV renkamų šynų trumpo jungimo srovės 110/10kV TP, $I_{kmax}=4,648 \text{ kA}$, $I_{kmin}=4,452 \text{ kA}$.

Priimu, kad sistemos aktyvinė varža $R_s \approx 0 \text{ } \Omega$.

Reaktyvinė minimali sistemos varža [2]:

$$X_s = \frac{U_{Nsk}}{\sqrt{3} \cdot I_k}, \Omega \quad (2.7)$$

čia

U_{Nsk} - skaičiuojamoji vardinė linijinė tinklo įtampa, $U_{Nsk}=10,5\text{kV}$;

I_k - trumpojo jungimo srovė transformatorių pastotėje ant 10kV renkamų šynų, kA.

Skaičiuojant taikoma (2.7) formulė:

$$X_s = \frac{U_{Nsk}}{\sqrt{3} \cdot I_{k \max}};$$

$$X_{s \min} = \frac{10,5}{\sqrt{3} \cdot 4,648} = 1,304 \Omega.$$

Pilnoji minimali varža iki kabelio prijungimo vietos:

$$Z_\Sigma = \sqrt{(X_s + X_L)^2 + R_L^2}, \Omega \quad (2.8)$$

čia

X_L - reaktyvinė linijos varža iki skaičiuojamojo trumpojo jungimo taško, Ω ;

R_L - aktyvinė linijos varža iki skaičiuojamojo trumpojo jungimo taško, Ω .

Skaičiuojant taikoma (2.48) formulė:

$$Z_\Sigma = \sqrt{(X_s + X_L)^2 + R_L^2};$$

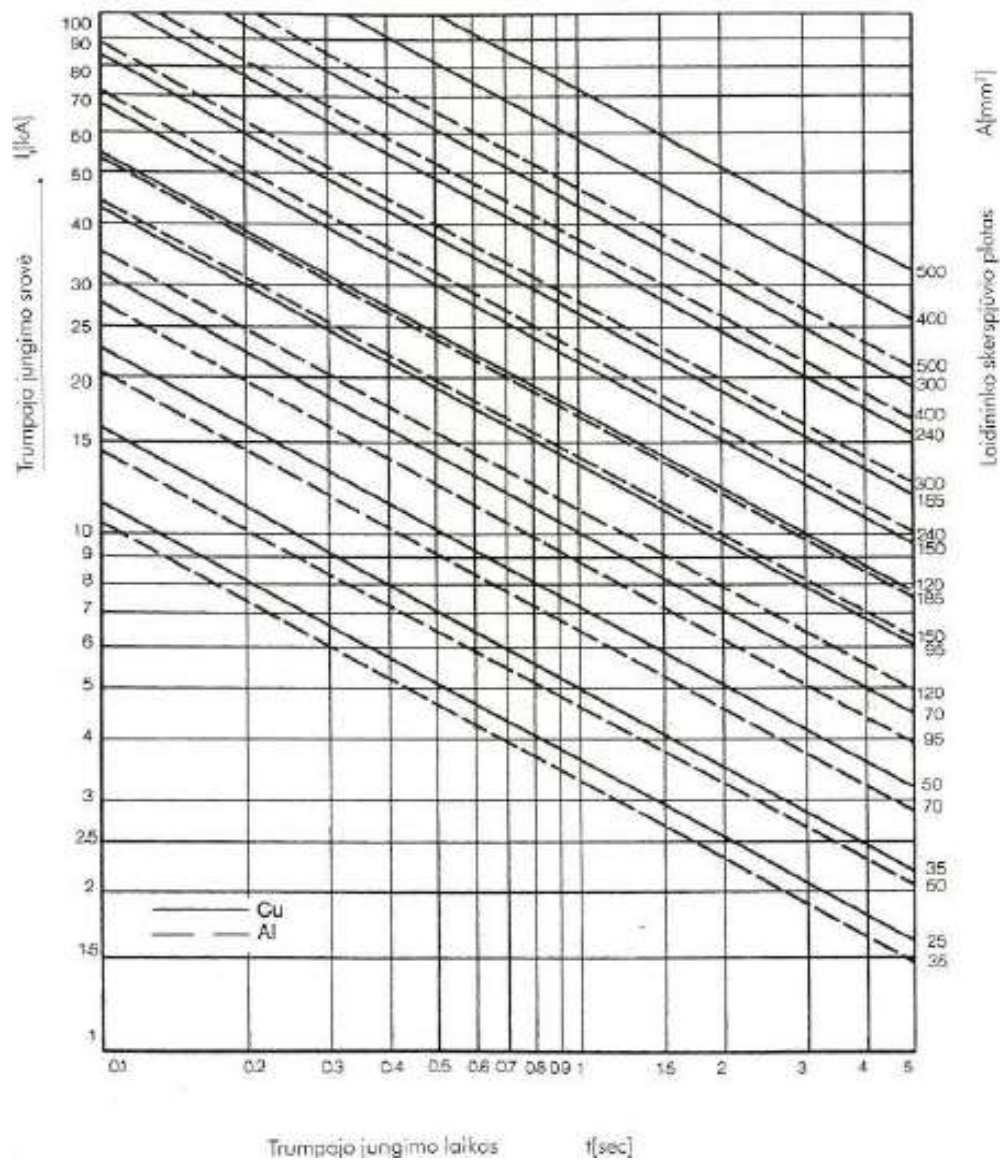
$$Z_{\Sigma \min} = \sqrt{(1,304 + 2,11)^2 + 2,73^2} = 4,37 \Omega.$$

Maksimali trumpo jungimo srovė projektuojamoje 10 kV atramoje apskaičiuojama [2]:

$$I_k^{(3)} = \frac{U_{Nsk}}{\sqrt{3} \cdot Z_\Sigma}, \text{ kA} \quad (2.9)$$

$$I_{k \max}^{(3)} = \frac{10,5}{\sqrt{3} \cdot 4,37} = 1,387 \text{ kA}.$$

Kabelis tikrinamas pagal terminį atsparumą iš grafiko. Kadangi nežinome, kiek tesis laiko trumpas jungimas, tai standartą imame 3s.



2.5 pav. Laidininkų su XLPE izoliacija terminio atsparumo grafikas [2]

Parenku kabelio skerspjūvio plotą iš laidininkų su XLPE izoliacija terminio atsparumo grafiko, kai trumpo jungimo laikas yra $t=3s$, minimalus kabelio skerspjūvis yra $3 \times 1 \times 35 \text{ mm}^2$, bet įvertinta tolesnė elektros energijos tinklų plėtra parenkamas aliumininis $3 \times 1 \times 120 \text{ mm}^2$ kabelis.

Skaičiuoju mažiausią trumpo jungimo srovę ir patikrinsime ar saugiklis suveiks trumpo jungimo metu. Šis trumpas jungimas yra dvifazis.

Reaktyvinė maksimali sistemos varža.

Skaičiuojant taikoma (2.7) formulė:

$$X_s = \frac{U_{Nsk}}{\sqrt{3} \cdot I_{k \min}};$$

$$X_{s \max} = \frac{10,5}{\sqrt{3} \cdot 4,452} = 1,361 \, \Omega.$$

Naujai jungiamas KL $3 \times 1 \times 120$ savitoji varža: $R_{L0} = 0,236 \, \Omega / km$, $X_{L0} = 0,08 \, \Omega / km (l=0,464 \text{ km})$.

Skaičiuojant taikomos (2.5) ir (2.6) formulės.

KL $3 \times 1 \times 120$ savitoji varža $R_L = 0,236 \cdot 0,464 = 0,1 \, \Omega$, $X_L = 0,08 \cdot 0,464 = 0,04 \, \Omega$.

Bendra visos linijos iki projektuojamos MT aktyvinė ir reaktyvinė varža $R_L = 2,83 \, \Omega$, $X_L = 2,15 \, \Omega$.

Pilnoji maksimali varža iki projektuojamos MT.

Skaičiuojant taikoma (2.8) formulė:

$$Z_\Sigma = \sqrt{(X_s + X_L)^2 + R_L^2};$$

$$Z_{\Sigma \max} = \sqrt{(1,361 + 2,15)^2 + 2,83^2} = 4,5 \, \Omega.$$

Minimali trumpo jungimo srovė projektuojamoje MT.

Skaičiuojant taikoma (2.9) formulė:

$$I_{k \min}^{(3)} = \frac{U_{Nsk}}{\sqrt{3} \cdot 4,5} = 1,347 \text{ kA}, \quad I_{k \min}^{(2)} = 0,87 \cdot I_{k \min}^{(3)} = 1,172 \text{ kA}.$$

10kV pusėje trumpo jungimo metu 25A saugiklis suveiks efektyviai.

Parinktus laidininkus dar reikia patikrinti pagal leistinus įtampos nuostolius. Kaip jau buvo minėta, šie nuostoliai negali viršyti 8,5% tolimiausioje transformatorinėje [2]. Įtampos nuostoliai voltais apskaičiuojami pagal formulę [2]:

$$\Delta U = \frac{\sum_1^n S_n \cdot Z_\Sigma}{U}, V \quad (2.10)$$

čia S_n - atkarpos skaičiuojamoji pilnoji galia.

Z_{Σ} - atkarpos laidininko pilnoji varža.

U – vardinė įtampa (10 kV).

Įtampos nuostoliai procentais apskaičiuojami pagal formulę [2]:

$$\Delta U\% = \frac{\Delta U \cdot 100\%}{U}, \text{ V} \quad (2.11)$$

čia

U – vardinė įtampa (10000 V).

10 kV pusėje įtampos nuostolius skaičiuosime nuo transformatorių pastotės iki projektuojamos modulinės transformatorinės. Įtampos nuostoliai negali viršyti 8,5%, bet kadangi jungsime nuo esamos 10kV oro linijos, tai mums užteks paskaičiuoti tik nuo prijungimo vietos iki modulinės transformatorinės. Nuostoliai atkarpoje negali viršyti 1-2%, jai viršija nustatytas ribas, tai tada reikės perskaičiuoti įtampos nuostolius nuo transformatorių pastotės iki projektuojamos modulinės transformatorinės [2].

Skaičiuodami taikysime (2.10) ir (2.11) formules.

$$\Delta U = \frac{93,4 \cdot 0,1}{10} = 0,9 \text{ V};$$

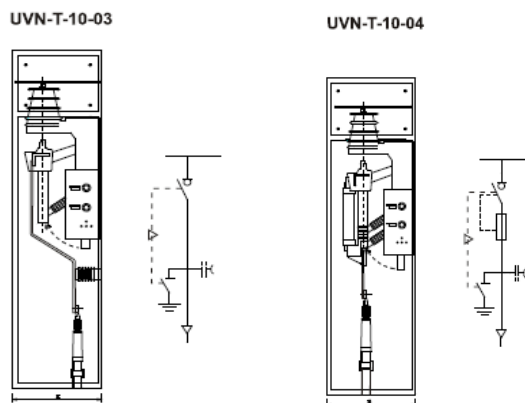
$$\Delta U\% = \frac{0,9 \cdot 100}{10000} = 0,009\%.$$

Įtampos nuostoliai neviršija leistinos ribos, todėl tolimesnių linijos nuostolių skaičiavimų atlikti nereikia ir laikoma, kad nuostoliai linijos gale neviršija 8,5%.

2.4.3. Galios skyriklių parinkimas ir patikrinimas

Galios skyrikliai, narveliai parenkami pagal vardinę įtampą, vardinę srovę, tikrinami terminui ir elektrodinaminiui atsparumui. Papildomai skyrikliai parenkami pagal atjungimo srovę.

Parenkame narvelį UVN – 10 – 03 ir UVN – 10 – 04.



2.6 pav. UVN-10-03 ir UVN-10-04 narvelių schemas

2.2 lentelė. Narvelių techniniai duomenys [3].

Narvelio techniniai duomenys			Parinkimo sąlygos įrenginiams
Bandymo įtampa (50-60)Hz, 1 min	kV	28	
Vardinė įtampa	kV	12	10
Vardinė srovė	A	1000	5,4
Vardinė trumpalaikės srovės	kA	16-50	1,387
Dinaminio atsparumo srovė	kA	40-125	5,8

Visos sąlygos tenkina į narvelius montuosime galios skyriklius ISARC

Parinktą narvelį patikrinam pagal vardinę įtampą [2]:

$$U_{Nap} \geq U_{Nij}, V \quad (2.12)$$

čia

U_{Nap} - vardinė aparato įtampa, V;

U_{Nij} - vardinė įrenginio įtampa, V.

Patikrinant taikysime (2.12) formulę.

$$U_{Nap} \geq U_{Nij};$$

12kV $\geq$ 10kV, sąlyga tenkina.

Tikrinu pagal atjungimo srovę [2]:

$$I_{Natj} \geq I_k^{(3)}, A \quad (2.13)$$

čia

I_{Natj} - vardinė trumpalaikė srovė, A;

$I_k^{(3)}$ - ant atramos trumpo jungimo srovė 1387A.

Taikysime (2.13) formulę:

$$16000 \geq 1387 A.$$

Sąlyga tenkina.

Elektrodinaminiui atsparumui skyrikliai tikrinami pagal sąlygą [2]:

$$i_p^3 \leq i_{\max}, A \quad (2.14)$$

čia

i_p^3 - trumpo jungimo smūgio srovės amplitudė aparato įrengimo vietoje;

$i_{\max}$ - didžiausia amplitudės aparato praleidžiamos trumpo jungimo srovės vertė, garantuoja gamintojo.

$$i_p^3 = k_p \sqrt{2} I_k^{(3)}, \text{ A} \quad (2.15)$$

čia

k_p – smūgio koeficientas 1,5 įvykus trumpam jungimui pastotėje, ant 35 ar 10 kV šinų.

Skaičiuodami taikysime (3.14) ir (3.15) formules:

$$i_p^3 = k_p \sqrt{2} I_k^{(3)};$$

$$i_p^3 = 1,5 \sqrt{2} \cdot 1387 = 2942 \text{ A};$$

$$i_p^3 \leq i_{\max}$$

$$i_{\max} = 40000 \text{ A}$$

$$2942 \leq 40000$$

Sąlygą tenkina.

Terminiam atsparumui jungtuvai tikrinami pagal sąlygą [2]:

$$B_k \leq I_{NT}^2 t_{NT} \quad (2.16)$$

čia

B_k – trumpo jungimo srovės šiluminis impulsas;

I_{NT} – aparato vardinė leistina terminio stabilumo srovė, A;

t_{NT} – aparato terminio stabilumo vardinis laikas, s.

Šiluminis impulsas skaičiuojame tinklo taške [2]:

$$B_k = I_k^{(3)^2} t_k \quad (2.17)$$

čia

I_k – maksimali trifazio trumpo jungimo srovė, A;

t_k – trifazio trumpojo jungimo veikimo laikas, s.

Skaičiuodami taikysime (2.16) ir (2.17) formules.

$$B_k \leq I_{NT}^2 t_{NT};$$

$$B_k \leq 16000^2 \cdot 3 = 768000000 ;$$

$$B_k = I_k^{(3)^2} t_k;$$

$$B_k = 1387^2 \cdot 3 = 5800000 ;$$

$$5800000 \leq 768000000 ;$$

Sąlyga tenkina.

Visos sąlygos tenkina montuosime parinktus galios skyriklius.

Į narvelius montuosime galios skyriklius ISARC.

Techniniai nurodymai

2.3 lentelė. Galios skyriklis ISARC [3].

Narvelio techniniai duomenys		Parinkimo sąlygos įrenginiams
Vardinė įtampa	12 kV	10
Didžiausė įtampa	12 kV	10
Vardinė srovė	400 A	5,4
Terminio atsparumo srovė (3S)	12,5 kA	1,387
Dinaminio atsparumo srovė	31,5 kA	2,942

Visos sąlygos tenkina todėl visur bus montuojami IARC tipo galios skyrikliai.

Tikriname pagal vardine įtampą:

$$U_{Nap} \geq U_{Nij};$$

$$12kV \geq 10kV.$$

Sąlygą tenkina.

Elektrodinaminiam atsparumui tikriname pagal sąlygą:

$$i_p^3 = k_p \sqrt{2} I_k^{(3)};$$

$$i_p^3 = 1,5\sqrt{2} \cdot 1387 = 2942 \text{ A};$$

$$i_p^3 \leq i_{\max};$$

$$i_{\max} = 31500 \text{ A};$$

$$2942 \leq 31500.$$

Sąlygą tenkina.

Terminiam atsparumui tikrinamas pagal sąlygą:

$$B_k \leq I_{NT}^2 t_{NT};$$

$$B_k \leq 12500^2 \cdot 3 = 468750000;$$

$$B_k = I_k^{(3)2} t_k;$$

$$B_k = 1387^2 \cdot 3 = 5800000;$$

$$5800000 \leq 468750000.$$

Sąlyga tenkina.

Visas sąlygas tenkina todėl visur bus montuojami IARC tipo galios skyrikliai.

Parenkame viršįtampių ribotuvą RDA-12 [7]

2.4 lentelė. Viršįtampio ribotuvas RDA-12 techniniai duomenys.

Narvelio techniniai duomenys		Parinkimo sąlygos įrenginiams
Vardinė išlydžio srovė:	10 kA;	10
Linijos išlydžio klasė:	1;	1
Didelės srovės impulsas:	100 kA;	
Energijos absorbcijos geba prie: didelės srovės impulso: komutacinio impulso:	5.3 kJ/kV U_c ; 2.6 kJ/kV U_c ;	
Ilgalaikė maksimali darbinė įtampa:	$U_c=12$ kV;	12
Vardinė įtampa:	$U_r=15$ kV.	

Visos sąlygos tenkina. Montuosime RDA-12 viršįtampių ribotuvą.

Viršįtampių ribotuvai parenkami pagal ribotuvo ilgalaikę maksimalia darbo įtampą [2]:

$$U_C \geq U_{\max} \quad (3.18)$$

čia

U_C - ribotuvo ilgalaikė maksimali darbo įtampa;

$U_{\max}$ - maksimali tinklo įtampa, 10kV tinkle, $U_{\max}=12$ kV;

$$U_C \geq U_{\max};$$

$$12kV \geq 12kV.$$

Sąlyga tenkina

Pasirenku, kad bus $I_n=10$ kA- esant didesniai žaibų intensyvumui, taip pat kabeliams ir jų elementams.

Visos sąlygos tenkina. Montuosime RDA-12 viršįtampių ribotuvą.

2.5. 0,4kV tinklų skaičiavimas ir elementų parinkimas

2.5.1. Linijos laidininkų skerspjūvio ploto parinkimas ir patikrinimas pagal ilgalaikę leistinąją srovę

Linijos laidininkų skerspjūvio plotas parenkamas metalo minimalių sąnaudų metodu. Metodo esmė - padalinti leistinus įtampos nuostolius linijos atkarpoms, priklausomai nuo atkarpos ilgio ir skaičiuojamosios apkrovos [2]:

$$\Delta U_a = \Delta U_l \cdot \frac{l_a \sqrt{P_a}}{\sum_{n=1}^n l_n \sqrt{P_n}}, V \quad (2.19)$$

čia

ΔU_a - įtampos kryptis atkarpoje, V;

ΔU_l - leistini įtampos nuostoliai, $\Delta U_l = 40\text{V}$;

l_a - atkarpos a ilgis, m;

P_a - atkarpos apkrova, kW;

l_n - atkarpų nuo transformatorinės iki linijos gali ilgiai, m;

P_n - atkarpų nuo transformatorinės iki linijos galo apkrovos, kW.

Atkarpos a laidininko skerspjūvio plotas apskaičiuojamas [2]:

$$F_a = \frac{P_a \cdot l_a}{\gamma \cdot \Delta U_a \cdot U_N}, \text{ mm}^2 \quad (2.20)$$

čia

F_a - atkarpos skaičiuojamasis laidininko skerspjūvio plotas, mm^2 ;

γ - laidininko savitasis laidis, aliuminiui $\gamma = 32 \text{ m}/\Omega \cdot \text{mm}^2$;

U_N - tinklo vardinė įtampa, $U_N = 0,4 \text{kV}$.

Apskaičiavus F_a , parenkamas standartinis toks pat arba artimiausias didesnis laidininko skerspjūvio plotas. Paprastai, laikomasi nuostatos, kad linijoje būtų ne daugiau kaip 2-3 skirtingi skerspjūvio plotai. Parinktas laidininkas tikrinamas pagal leistiną ilgalaikę srovę ir įtampos nuostolius [2].

$$I_{leist} \geq I_{sk}, \text{ A}, \quad (2.21)$$

$$I_{sk} = \frac{S_{sk}}{\sqrt{3} \cdot U_N}, \text{ A} \quad (2.22)$$

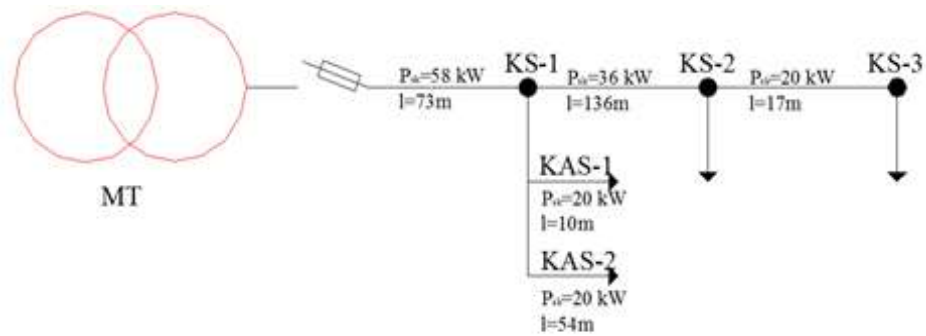
čia

I_{leist} - leistinoji ilgalaikė įšilimo srovė, A;

I_{sk} - skaičiuojamoji srovė, A;

S_{sk} - pilnutinė skaičiuojamoji linijos ar atkarpos apkrova, kVA.

Apskaičiuojame L-100 linijos įtampos nuostolius, kabelio skerspjūvio plotą ir patikriname pagal leistiną ilgalaikę srovę.



2.7 pav. Galių srauto pasiskirstymas L-100 linijoje

Šiems dydžiams apskaičiuoti taikomos (2.19), (2.20), (2.21), (2.22) formulės:

$$\Delta U_{MT-KS1} = 40 \cdot \frac{73 \cdot \sqrt{58}}{73 \cdot \sqrt{58} + 10 \cdot \sqrt{20} + 54 \cdot \sqrt{20} + 136 \cdot \sqrt{36} + 17 \cdot \sqrt{20}} = 40 \cdot \frac{556}{1734} = 12,8 \text{ V};$$

$$F_{MT-KS1} = \frac{58 \cdot 73}{32 \cdot 12,8 \cdot 0,4} = 26 \text{ mm}^2;$$

$$I_{sk} = \frac{63}{\sqrt{3} \cdot 0,4} = 91 \text{ A};$$

94 ≥ 91 tinka.

Atkarpai MT-KS1 parenku aliuminį kabelį su XLPE izoliacija, (4x35) skerspjūvio plotu.

$$\Delta U_{KS1-KAS1} = 40 \cdot \frac{10 \cdot \sqrt{20}}{73 \cdot \sqrt{58} + 10 \cdot \sqrt{20} + 54 \cdot \sqrt{20} + 136 \cdot \sqrt{36} + 17 \cdot \sqrt{20}} = 40 \cdot \frac{44,7}{1734} = 1,03 \text{ V};$$

$$F_{KS1-KAS1} = \frac{20 \cdot 10}{32 \cdot 1,03 \cdot 0,4} = 15,1 \text{ mm}^2;$$

$$I_{sk} = \frac{21,7}{\sqrt{3} \cdot 0,4} = 31,3 \text{ A};$$

61 ≥ 31,3 tinka.

Atkarpai KS1-KAS2 parenku aliuminį kabelį su XLPE izoliacija, (4x16) skerspjūvio plotu.

$$\Delta U_{KS1-KAS2} = 40 \cdot \frac{54 \cdot \sqrt{20}}{73 \cdot \sqrt{58} + 10 \cdot \sqrt{20} + 54 \cdot \sqrt{20} + 136 \cdot \sqrt{36} + 17 \cdot \sqrt{20}} = 40 \cdot \frac{241}{1734} = 5,57 \text{ V};$$

$$F_{KS1-KAS2} = \frac{20 \cdot 54}{32 \cdot 5,57 \cdot 0,4} = 15,1 \text{ mm}^2;$$

$$I_{sk} = \frac{21,7}{\sqrt{3} \cdot 0,4} = 31,3 \text{ A};$$

$61 \geq 31,3$ tinka.

Atkarpai KS1-KS2 parenku aliuminį kabelį su XLPE izoliacija, (4x16) skerspjūvio plotu.

$$\Delta U_{KS1-KS2} = 40 \cdot \frac{136 \cdot \sqrt{36}}{73 \cdot \sqrt{58} + 10 \cdot \sqrt{20} + 54 \cdot \sqrt{20} + 136 \cdot \sqrt{36} + 17 \cdot \sqrt{20}} = 40 \cdot \frac{816}{1734} = 18,8 \text{ V};$$

$$F_{KS1-KS2} = \frac{36 \cdot 136}{32 \cdot 18,8 \cdot 0,4} = 20 \text{ mm}^2;$$

$$I_{sk} = \frac{39,1}{\sqrt{3} \cdot 0,4} = 56,4 \text{ A};$$

$78 \geq 56,4$ tinka.

Atkarpai KS1-KS2 parenku aliuminį kabelį su XLPE izoliacija, (4x25) skerspjūvio plotu.

$$\Delta U_{KS2-KS3} = 40 \cdot \frac{17 \cdot \sqrt{20}}{73 \cdot \sqrt{58} + 10 \cdot \sqrt{20} + 54 \cdot \sqrt{20} + 136 \cdot \sqrt{36} + 17 \cdot \sqrt{20}} = 40 \cdot \frac{76}{1734} = 1,75 \text{ V};$$

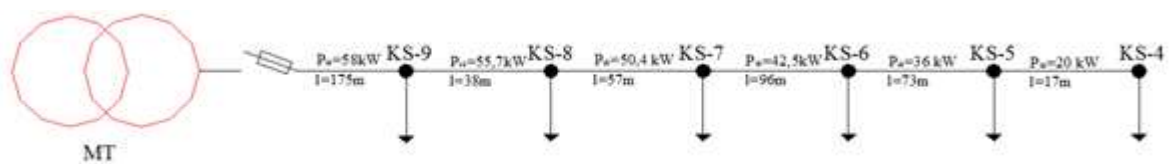
$$F_{KS2-KS3} = \frac{20 \cdot 17}{32 \cdot 1,75 \cdot 0,4} = 15,1 \text{ mm}^2;$$

$$I_{sk} = \frac{21,7}{\sqrt{3} \cdot 0,4} = 31,3 \text{ A};$$

$61 \geq 31,3$ tinka.

Atkarpai KS2-KS3 parenku aliuminį kabelį su XLPE izoliacija, (4x16) skerspjūvio plotu.

Apskaičiuojame L-200 linijos įtampas, nuostolius ir kabelio skerspjūvio plotą, bei patikriname pagal leistiną ilgalaikę srovę.



2.8 pav. Galių srauto pasiskirstymas L-200 linijoje

Šiems dydžiams apskaičiuoti taikomos (2.19), (2.20), (2.21), (2.22) formulės:

$$\Delta U_{MT-KS9} = 40 \cdot \frac{175 \cdot \sqrt{58}}{175 \cdot \sqrt{58} + 38 \cdot \sqrt{55,7} + 57 \cdot \sqrt{50,4} + 96 \cdot \sqrt{42,5} + 73 \cdot \sqrt{36} + 17 \cdot \sqrt{20}} =$$

$$= 40 \cdot \frac{1332}{3159} = 16,86 \text{ V};$$

$$F_{MT-KS9} = \frac{58 \cdot 175}{32 \cdot 16,86 \cdot 0,4} = 47 \text{ mm}^2;$$

$$I_{sk} = \frac{63}{\sqrt{3} \cdot 0,4} = 91 \text{ A};$$

$112 \geq 91$ tinka.

Atkarpai MT-KS9 parenku aliuminį kabelį su XLPE izoliacija, (4x50) skerspjūvio plotu.

$$\Delta U_{KS9-KS8} = 40 \cdot \frac{38 \cdot \sqrt{55,7}}{175 \cdot \sqrt{58} + 38 \cdot \sqrt{55,7} + 57 \cdot \sqrt{50,4} + 96 \cdot \sqrt{42,5} + 73 \cdot \sqrt{36} + 17 \cdot \sqrt{20}} =$$

$$= 40 \cdot \frac{283}{3159} = 3,58 \text{ V};$$

$$F_{KS9-KS8} = \frac{55,7 \cdot 38}{32 \cdot 3,58 \cdot 0,4} = 46 \text{ mm}^2;$$

$$I_{sk} = \frac{60,5}{\sqrt{3} \cdot 0,4} = 87,3 \text{ A};$$

$112 \geq 87,3$ tinka.

Atkarpai KS9-KS8 parenku aliuminį kabelį su XLPE izoliacija, (4x50) skerspjūvio plotu.

$$\Delta U_{KS8-KS7} = 40 \cdot \frac{57 \cdot \sqrt{50,4}}{175 \cdot \sqrt{58} + 38 \cdot \sqrt{55,7} + 57 \cdot \sqrt{50,4} + 96 \cdot \sqrt{42,5} + 73 \cdot \sqrt{36} + 17 \cdot \sqrt{20}} =$$

$$= 40 \cdot \frac{403}{3159} = 5,1 \text{ V};$$

$$F_{KS8-KS7} = \frac{50,4 \cdot 57}{32 \cdot 5,1 \cdot 0,4} = 44 \text{ mm}^2;$$

$$I_{sk} = \frac{54,8}{\sqrt{3} \cdot 0,4} = 79,1 \text{ A};$$

$112 \geq 79,1$ tinka.

Atkarpai KS8-KS7 parenku aliuminį kabelį su XLPE izoliacija, (4x50) skerspjūvio plotu.

$$\Delta U_{KS7-KS6} = 40 \cdot \frac{96 \cdot \sqrt{42,5}}{175 \cdot \sqrt{58} + 38 \cdot \sqrt{55,7} + 57 \cdot \sqrt{50,4} + 96 \cdot \sqrt{42,5} + 73 \cdot \sqrt{36} + 17 \cdot \sqrt{20}} =$$

$$= 40 \cdot \frac{626}{3159} = 7,9 \text{ V};$$

$$F_{KS7-KS6} = \frac{42,5 \cdot 96}{32 \cdot 7,9 \cdot 0,4} = 40 \text{ mm}^2;$$

$$I_{sk} = \frac{46,2}{\sqrt{3} \cdot 0,4} = 67 \text{ A};$$

112 ≥ 67 tinka.

Atkarpai KS7-KS6 parenku aliuminį kabelį su XLPE izoliacija, (4x50) skerspjūvio plotu.

$$\Delta U_{KS6-KS5} = 40 \cdot \frac{73 \cdot \sqrt{36}}{175 \cdot \sqrt{58} + 38 \cdot \sqrt{55,7} + 57 \cdot \sqrt{50,4} + 96 \cdot \sqrt{42,5} + 73 \cdot \sqrt{36} + 17 \cdot \sqrt{20}} =$$

$$= 40 \cdot \frac{438}{3159} = 5,6 \text{ V};$$

$$F_{KS6-KS5} = \frac{36 \cdot 73}{32 \cdot 5,6 \cdot 0,4} = 36,6 \text{ mm}^2;$$

$$I_{sk} = \frac{39,1}{\sqrt{3} \cdot 0,4} = 56,4 \text{ A};$$

112 ≥ 56,4 tinka.

Atkarpai KS6-KS5 parenku aliuminį kabelį su XLPE izoliacija, (4x50) skerspjūvio plotu.

$$\Delta U_{KS5-KS4} = 40 \cdot \frac{17 \cdot \sqrt{20}}{175 \cdot \sqrt{58} + 38 \cdot \sqrt{55,7} + 57 \cdot \sqrt{50,4} + 96 \cdot \sqrt{42,5} + 73 \cdot \sqrt{36} + 17 \cdot \sqrt{20}} =$$

$$= 40 \cdot \frac{76}{3159} = 0,96 \text{ V};$$

$$F_{KS6-KS5} = \frac{20 \cdot 17}{32 \cdot 0,96 \cdot 0,4} = 27,7 \text{ mm}^2;$$

$$I_{sk} = \frac{21,7}{\sqrt{3} \cdot 0,4} = 31,3 \text{ A};$$

94 ≥ 31,3 tinka.

Atkarpai KS6-KS5 parenku aliuminį kabelį su XLPE izoliacija, (4x35) skerspjūvio plotu.

2.5.2. Linijos laidininkų skerspjūvio ploto patikrinimas pagal leistinus įtampos nuostolius

Pagal įtampos nuostolius galime pasirinkti laidininko skerspjūvio plotą. Būtina išlaikyti sąlygą normaliaame režime, kai leistini įtampos nuostoliai <7,5%, o po avariniame režime 15% [2].

Ignoruojant reaktyvinę laidininkų varžą, įtampos nuostoliai kiekviename vienodo skerspjūvio ploto linijos ruože apskaičiuojami pagal formulę [2]:

$$\Delta u \% = \frac{\sum_{n=1}^n S_n I_n}{CF} \%, \quad (2.23)$$

čia

S_n - vienodo skerspjūvio ploto linijos atkarpų apkrovos, kVA;

l_n - vienodo skerspjūvio ploto linijos atkarpų ilgiai, m;

C- koeficientas, priklausantis nuo laidininko medžiagos ir fazių skaičiaus, $C_{Al}^{3f}=50$,

F- linijos atkarpos skerspjūvio plotas, mm².

Apskaičiuojame L-100 linijos leistinus įtampos nuostolius. Leistini įtampos nuostoliai $\Delta u_l \leq 7,5\%$.

Apskaičiuojant taikoma (2.23) formulė:

$$\Delta u_{MT-KS1} = \frac{58 \cdot 73}{50 \cdot 35} = 2,42\% ;$$

$$\Delta u_{KS1-KS2} = \frac{36 \cdot 136}{50 \cdot 25} = 3,9\% ;$$

$$\Delta u_{KS2-KS3} = \frac{20 \cdot 17}{50 \cdot 16} = 0,43\% ;$$

$$\Delta u\% = \Delta u_{MT-KS1} + \Delta u_{KS1-KS2} + \Delta u_{KS2-KS3} = 6,75\% .$$

Apskaičiuojame L-200 linijos leistinus įtampos nuostolius. Leistini įtampos nuostoliai $\Delta u_l \leq 7,5\%$.

Apskaičiuojant taikoma (2.23) formulė:

$$\Delta u_{MT-SKS9} = \frac{58 \cdot 175}{50 \cdot 50} = 4\% ;$$

$$\Delta u_{KS9-KS8} = \frac{55,7 \cdot 38}{50 \cdot 50} = 0,8\% ;$$

$$\Delta u_{KS8-KS7} = \frac{50,4 \cdot 57}{50 \cdot 50} = 1,15\% ;$$

$$\Delta u_{KS7-KS6} = \frac{42,5 \cdot 96}{50 \cdot 50} = 1,6\% ;$$

$$\Delta u_{KS6-KS5} = \frac{36 \cdot 73}{50 \cdot 50} = 1,05\% ;$$

$$\Delta u_{KS5-KS4} = \frac{20 \cdot 17}{50 \cdot 35} = 0,19\% ;$$

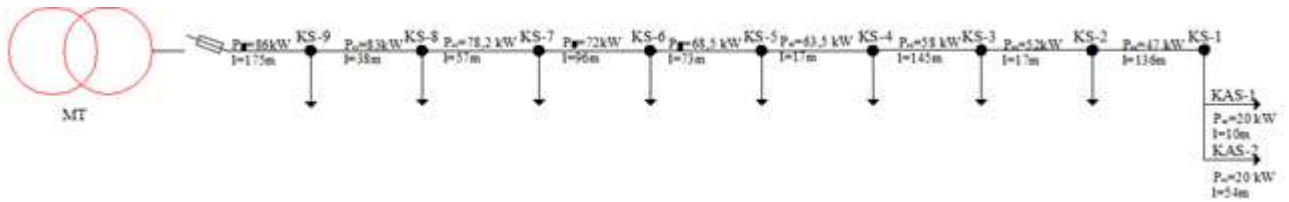
$$\Delta u\% = \Delta u_{MT-KS9} + \Delta u_{KS9-KS8} + \Delta u_{KS8-KS7} + \Delta u_{KS7-KS6} + \Delta u_{KS6-KS5} + \Delta u_{KS5-KS4} = 8,79\% .$$

Projektuojamame objekte vyrauja gyvenamieji namai su elektrinėmis viryklėmis, kuriems turi būti efektyviai tiekama elektros energija. Dėl to liniją turime sujungti žiedu. Normalus žiedo nutraukimo taškas yra KS4. Po avarinio režimo atveju linijos žiedo gale neturi būti daugiau kaip 15% įtampos nuostolių.

Pasirenku po avarinį režimą kaip avarija atkarpoje MT-KS1, o linija maitinama iš L-200. Apskaičiuoju laidų skerspjūvio plotus ir įtampas nuostolius.

$$\Delta u_l = 15\%;$$

$$\Delta u_l = \frac{400 \cdot 15}{100} = 60V.$$



2.9 pav. Visos linijos galių srauto pasiskirstymas, kaip linija maitinama iš L-200

Šiems dydžiams apskaičiuoti taikomos (2.19), (2.20), (2.21), (2.22) formulės:

$$\Delta U_{MT-KS9} = 60 \cdot \frac{175 \cdot \sqrt{86}}{175 \cdot \sqrt{86} + 38 \cdot \sqrt{83} + 57 \cdot \sqrt{78,2} + 96 \cdot \sqrt{72} + 73 \cdot \sqrt{68,5} + 17 \cdot \sqrt{63,5}}$$

$$\frac{145 \cdot \sqrt{58} + 17 \cdot \sqrt{52} + 136 \cdot \sqrt{57} + 54 \cdot \sqrt{20} + 10 \cdot \sqrt{20}}{6567} = 60 \cdot \frac{1623}{6567} = 14,8V;$$

$$F_{MT-KS9} = \frac{86 \cdot 175}{32 \cdot 14,8 \cdot 0,4} = 79mm^2;$$

$$I_{sk} = \frac{93,4}{\sqrt{3} \cdot 0,4} = 135A;$$

164 ≥ 135 tinka.

Atkarpai MT-KS9 parenku aliuminį kabelį su XLPE izoliacija, (4x95) skerspjūvio plotu.

$$\Delta U_{KS9-KS8} = 60 \cdot \frac{38 \cdot \sqrt{83}}{175 \cdot \sqrt{86} + 38 \cdot \sqrt{83} + 57 \cdot \sqrt{78,2} + 96 \cdot \sqrt{72} + 73 \cdot \sqrt{68,5} + 17 \cdot \sqrt{63,5}}$$

$$\frac{145 \cdot \sqrt{58} + 17 \cdot \sqrt{52} + 136 \cdot \sqrt{47} + 54 \cdot \sqrt{20} + 10 \cdot \sqrt{20}}{6567} = 60 \cdot \frac{346}{6567} = 3,16V;$$

$$F_{KS9-KS8} = \frac{83 \cdot 38}{32 \cdot 3,16 \cdot 0,4} = 78mm^2;$$

$$I_{sk} = \frac{90,1}{\sqrt{3} \cdot 0,4} = 130A;$$

164 ≥ 130 tinka.

Atkarpai KS9-KS8 parenku aliuminį kabelį su XLPE izoliacija, (4x95) skerspjūvio plotu.

$$\Delta U_{KS8-KS7} = 60 \cdot \frac{57 \cdot \sqrt{78,2}}{175 \cdot \sqrt{86} + 38 \cdot \sqrt{83} + 57 \cdot \sqrt{78,2} + 96 \cdot \sqrt{72} + 73 \cdot \sqrt{68,5} + 17 \cdot \sqrt{63,5}}$$

$$\frac{145 \cdot \sqrt{58} + 17 \cdot \sqrt{52} + 136 \cdot \sqrt{47} + 54 \cdot \sqrt{20} + 10 \cdot \sqrt{20}}{6567} = 60 \cdot \frac{504}{6567} = 4,6 \text{ V};$$

$$F_{KS8-KS7} = \frac{78,2 \cdot 57}{32 \cdot 4,6 \cdot 0,4} = 75,7 \text{ mm}^2;$$

$$I_{sk} = \frac{85}{\sqrt{3} \cdot 0,4} = 123 \text{ A};$$

164 ≥ 123 tinka.

Atkarpa KS8-KS7 parenku aliuminį kabelį su XLPE izoliacija, (4x95) skerspjūvio plotu.

$$\Delta U_{KS7-KS6} = 60 \cdot \frac{96 \cdot \sqrt{72}}{175 \cdot \sqrt{86} + 38 \cdot \sqrt{83} + 57 \cdot \sqrt{78,2} + 96 \cdot \sqrt{72} + 73 \cdot \sqrt{68,5} + 17 \cdot \sqrt{63,5}}$$

$$\frac{145 \cdot \sqrt{58} + 17 \cdot \sqrt{52} + 136 \cdot \sqrt{47} + 54 \cdot \sqrt{20} + 10 \cdot \sqrt{20}}{6567} = 60 \cdot \frac{815}{6567} = 7,4 \text{ V};$$

$$F_{KS7-KS6} = \frac{72 \cdot 96}{32 \cdot 7,4 \cdot 0,4} = 73 \text{ mm}^2;$$

$$I_{sk} = \frac{78,3}{\sqrt{3} \cdot 0,4} = 113 \text{ A};$$

164 ≥ 113 tinka.

Atkarpa KS7-KS6 parenku aliuminį kabelį su XLPE izoliacija, (4x95) skerspjūvio plotu.

$$\Delta U_{KS6-KS5} = 60 \cdot \frac{73 \cdot \sqrt{68,5}}{175 \cdot \sqrt{86} + 38 \cdot \sqrt{83} + 57 \cdot \sqrt{78,2} + 96 \cdot \sqrt{72} + 73 \cdot \sqrt{68,5} + 17 \cdot \sqrt{63,5}}$$

$$\frac{145 \cdot \sqrt{58} + 17 \cdot \sqrt{52} + 136 \cdot \sqrt{47} + 54 \cdot \sqrt{20} + 10 \cdot \sqrt{20}}{6567} = 60 \cdot \frac{604}{6567} = 5,5 \text{ V};$$

$$F_{KS6-KS5} = \frac{68,5 \cdot 73}{32 \cdot 5,5 \cdot 0,4} = 71 \text{ mm}^2;$$

$$I_{sk} = \frac{74,5}{\sqrt{3} \cdot 0,4} = 108 \text{ A};$$

164 ≥ 108 tinka.

Atkarpa KS6-KS5 parenku aliuminį kabelį su XLPE izoliacija, (4x95) skerspjūvio plotu.

$$\Delta U_{KS5-KS4} = 60 \cdot \frac{17 \cdot \sqrt{63,5}}{175 \cdot \sqrt{86} + 38 \cdot \sqrt{83} + 57 \cdot \sqrt{78,2} + 96 \cdot \sqrt{72} + 73 \cdot \sqrt{68,5} + 17 \cdot \sqrt{63,5}}$$

$$\frac{145 \cdot \sqrt{58} + 17 \cdot \sqrt{52} + 136 \cdot \sqrt{47} + 54 \cdot \sqrt{20} + 10 \cdot \sqrt{20}}{6567} = 60 \cdot \frac{111,6}{6567} = 1 \text{ V};$$

$$F_{KS5-KS4} = \frac{63,5 \cdot 17}{32 \cdot 1 \cdot 0,4} = 84 \text{ mm}^2;$$

$$I_{sk} = \frac{69,1}{\sqrt{3} \cdot 0,4} = 100 \text{ A};$$

164 ≥ 100 tinka.

Atkaripai KS5-KS4 parenku aliuminį kabelį su XLPE izoliacija, (4x95) skerspjūvio plotu.

$$\Delta U_{KS4-KS3} = 60 \cdot \frac{145 \cdot \sqrt{58}}{175 \cdot \sqrt{86} + 38 \cdot \sqrt{83} + 57 \cdot \sqrt{78,2} + 96 \cdot \sqrt{72} + 73 \cdot \sqrt{68,5} + 17 \cdot \sqrt{63,5}}$$

$$\frac{145 \cdot \sqrt{58} + 17 \cdot \sqrt{52} + 136 \cdot \sqrt{47} + 54 \cdot \sqrt{20} + 10 \cdot \sqrt{20}}{6567} = 60 \cdot \frac{1104,3}{6567} = 10 \text{ V};$$

$$F_{KS4-KS3} = \frac{58 \cdot 145}{32 \cdot 10 \cdot 0,4} = 65 \text{ mm}^2;$$

$$I_{sk} = \frac{63}{\sqrt{3} \cdot 0,4} = 91 \text{ A};$$

138 ≥ 91 tinka.

Atkaripai KS4-KS3 parenku aliuminį kabelį su XLPE izoliacija, (4x70) skerspjūvio plotu.

$$\Delta U_{KS3-KS2} = 60 \cdot \frac{17 \cdot \sqrt{52}}{175 \cdot \sqrt{86} + 38 \cdot \sqrt{83} + 57 \cdot \sqrt{78,2} + 96 \cdot \sqrt{72} + 73 \cdot \sqrt{68,5} + 17 \cdot \sqrt{63,5}}$$

$$\frac{145 \cdot \sqrt{58} + 17 \cdot \sqrt{52} + 136 \cdot \sqrt{47} + 54 \cdot \sqrt{20} + 10 \cdot \sqrt{20}}{6567} = 60 \cdot \frac{108,2}{6567} = 0,98 \text{ V};$$

$$F_{KS3-KS2} = \frac{52 \cdot 17}{32 \cdot 0,98 \cdot 0,4} = 70 \text{ mm}^2;$$

$$I_{sk} = \frac{56,5}{\sqrt{3} \cdot 0,4} = 82 \text{ A};$$

138 ≥ 82 tinka.

Atkaripai KS3-KS2 parenku aliuminį kabelį su XLPE izoliacija, (4x70) skerspjūvio plotu.

$$\Delta U_{KS2-KS1} = 60 \cdot \frac{136 \cdot \sqrt{47}}{175 \cdot \sqrt{86} + 38 \cdot \sqrt{83} + 57 \cdot \sqrt{78,2} + 96 \cdot \sqrt{72} + 73 \cdot \sqrt{68,5} + 17 \cdot \sqrt{63,5}}$$

$$\frac{145 \cdot \sqrt{58} + 17 \cdot \sqrt{52} + 136 \cdot \sqrt{47} + 54 \cdot \sqrt{20} + 10 \cdot \sqrt{20}}{6567} = 60 \cdot \frac{932,4}{6567} = 8,5 \text{ V};$$

$$F_{KS2-KS1} = \frac{47 \cdot 136}{32 \cdot 8,5 \cdot 0,4} = 59 \text{ mm}^2;$$

$$I_{sk} = \frac{51}{\sqrt{3} \cdot 0,4} = 73 \text{ A};$$

138 ≥ 73 tinka.

Atkarpa KS2-KS1 parenku aliuminį kabelį su XLPE izoliacija, (4x70) skerspjūvio plotu.

$$\Delta U_{KS1-KAS1} = 60 \cdot \frac{10 \cdot \sqrt{20}}{175 \cdot \sqrt{86} + 38 \cdot \sqrt{83} + 57 \cdot \sqrt{78,2} + 96 \cdot \sqrt{72} + 73 \cdot \sqrt{68,5} + 17 \cdot \sqrt{63,5}}$$

$$\frac{145 \cdot \sqrt{58} + 17 \cdot \sqrt{52} + 136 \cdot \sqrt{47} + 54 \cdot \sqrt{20} + 10 \cdot \sqrt{20}}{6567} = 60 \cdot \frac{44,7}{6567} = 0,4 \text{ V};$$

$$F_{KS1-KAS1} = \frac{20 \cdot 10}{32 \cdot 0,4 \cdot 0,4} = 39 \text{ mm}^2;$$

$$I_{sk} = \frac{21,7}{\sqrt{3} \cdot 0,4} = 31,3 \text{ A};$$

138 ≥ 31,3 tinka.

Atkarpa KS1-KAS1 parenku aliuminį kabelį su XLPE izoliacija, (4x50) skerspjūvio plotu.

$$\Delta U_{KS1-KAS2} = 60 \cdot \frac{54 \cdot \sqrt{20}}{175 \cdot \sqrt{86} + 38 \cdot \sqrt{83} + 57 \cdot \sqrt{78,2} + 96 \cdot \sqrt{72} + 73 \cdot \sqrt{68,5} + 17 \cdot \sqrt{63,5}}$$

$$\frac{145 \cdot \sqrt{58} + 17 \cdot \sqrt{52} + 136 \cdot \sqrt{47} + 54 \cdot \sqrt{20} + 10 \cdot \sqrt{20}}{6567} = 60 \cdot \frac{241,4}{6567} = 2,2 \text{ V};$$

$$F_{KS2-KAS2} = \frac{20 \cdot 54}{32 \cdot 2,2 \cdot 0,4} = 38 \text{ mm}^2;$$

$$I_{sk} = \frac{21,7}{\sqrt{3} \cdot 0,4} = 31,3 \text{ A};$$

112 ≥ 31,3 tinka.

Atkarpa KS1-KAS2 parenku aliuminį kabelį su XLPE izoliacija, (4x50) skerspjūvio plotu.

Apskaičiuojame įtampos nuostolius tolimiausiajame taške . Įtampos nuostoliai neturi viršyti

$$\Delta u_l = 15\%;$$

Apskaičiuojant taikoma (2.23) formulė:

$$\Delta u_{MT-KS9} = \frac{86 \cdot 175}{50 \cdot 95} = 3,2\%;$$

$$\Delta u_{KS9-KS8} = \frac{83 \cdot 38}{50 \cdot 95} = 0,7\%;$$

$$\Delta u_{KS8-KS7} = \frac{78,2 \cdot 57}{50 \cdot 95} = 0,9\%;$$

$$\Delta u_{KS7-KS6} = \frac{72 \cdot 96}{50 \cdot 95} = 1,5\%;$$

$$\Delta u_{KS6-KS5} = \frac{68,5 \cdot 73}{50 \cdot 95} = 1,05\%;$$

$$\Delta u_{KS5-KS4} = \frac{63,5 \cdot 17}{50 \cdot 95} = 0,22\%;$$

$$\Delta u_{KS4-KS3} = \frac{58 \cdot 145}{50 \cdot 70} = 2,4\%;$$

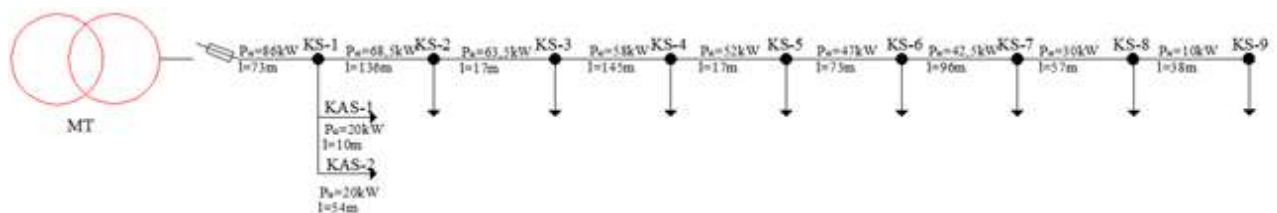
$$\Delta u_{KS3-KS2} = \frac{52 \cdot 17}{50 \cdot 70} = 0,25\%;$$

$$\Delta u_{KS2-KS1} = \frac{47 \cdot 136}{50 \cdot 70} = 1,8\%;$$

$$\Delta u_{KS1-KAS2} = \frac{20 \cdot 54}{50 \cdot 50} = 0,43\%;$$

$$\Delta u\% = \Delta u_{MT-KS9} + \Delta u_{KS9-KS8} + \Delta u_{KS8-KS7} + \Delta u_{KS7-KS6} + \Delta u_{KS6-KS5} + \Delta u_{KS5-KS4} + \Delta u_{KS4-KS3} + \Delta u_{KS3-KS2} + \Delta u_{KS2-KS1} + \Delta u_{KS1-KAS2} = 12,45\%.$$

Pasirenku po avarinį režimą, kaip avarija atkarpoje MT-KS9, o linija maitinama iš L-100. Apskaičiuoju laidų skerspjūvio plotus ir įtampas nuostolius.



2.10 pav. Visos linijos galių srauto pasiskirstymas, kaip linija maitinama iš L-100

Šiems dydžiams apskaičiuoti taikomos (2.19), (2.20), (2.21), (2.22) formulės:

$$\Delta U_{MT-KS1} = 60 \cdot \frac{73 \cdot \sqrt{86}}{73 \cdot \sqrt{86} + 10 \cdot \sqrt{20} + 54 \cdot \sqrt{20} + 136 \cdot \sqrt{68,5} + 17 \cdot \sqrt{63,5} + 145 \cdot \sqrt{58}}$$

$$\frac{17 \cdot \sqrt{52} + 73 \cdot \sqrt{47} + 96 \cdot \sqrt{42,5} + 57 \cdot \sqrt{30} + 38 \cdot \sqrt{10}}{4988} = 60 \cdot \frac{677}{4988} = 8,1 \text{ V};$$

$$F_{MT-KS1} = \frac{86 \cdot 73}{32 \cdot 8,1 \cdot 0,4} = 61 \text{ mm}^2;$$

$$I_{sk} = \frac{93,4}{\sqrt{3} \cdot 0,4} = 135 \text{ A};$$

138 ≥ 135 tinka.

Atkarpei MT-KS1 parenku aliuminį kabelį su XLPE izoliacija, (4x70) skerspjūvio plotu.

$$\Delta U_{KS1-KAS1} = 60 \cdot \frac{10 \cdot \sqrt{20}}{73 \cdot \sqrt{86} + 10 \cdot \sqrt{20} + 54 \cdot \sqrt{20} + 136 \cdot \sqrt{68,5} + 17 \cdot \sqrt{63,5} + 145 \cdot \sqrt{58}}$$

$$\frac{17 \cdot \sqrt{52} + 73 \cdot \sqrt{47} + 96 \cdot \sqrt{42,5} + 57 \cdot \sqrt{30} + 38 \cdot \sqrt{10}}{4988} = 60 \cdot \frac{44,7}{4988} = 0,5 \text{ V};$$

$$F_{KS1-KAS1} = \frac{20 \cdot 10}{32 \cdot 0,5 \cdot 0,4} = 31 \text{ mm}^2;$$

$$I_{sk} = \frac{21,7}{\sqrt{3} \cdot 0,4} = 31,3 \text{ A};$$

94 ≥ 31,3 tinka.

Atkarpei KS1-KAS1 parenku aliuminį kabelį su XLPE izoliacija, (4x35) skerspjūvio plotu.

$$\Delta U_{KS1-KAS2} = 60 \cdot \frac{54 \cdot \sqrt{20}}{73 \cdot \sqrt{86} + 10 \cdot \sqrt{20} + 54 \cdot \sqrt{20} + 136 \cdot \sqrt{68,5} + 17 \cdot \sqrt{63,5} + 145 \cdot \sqrt{58}}$$

$$\frac{17 \cdot \sqrt{52} + 73 \cdot \sqrt{47} + 96 \cdot \sqrt{42,5} + 57 \cdot \sqrt{30} + 38 \cdot \sqrt{10}}{4988} = 60 \cdot \frac{241,5}{4988} = 2,9 \text{ V};$$

$$F_{KS1-KAS2} = \frac{20 \cdot 54}{32 \cdot 2,9 \cdot 0,4} = 29 \text{ mm}^2;$$

$$I_{sk} = \frac{21,7}{\sqrt{3} \cdot 0,4} = 31,3 \text{ A};$$

94 ≥ 31,3 tinka.

Atkarpei KS1-KAS2 parenku aliuminį kabelį su XLPE izoliacija, (4x35) skerspjūvio plotu.

$$\Delta U_{KS1-KS2} = 60 \cdot \frac{136 \cdot \sqrt{68,5}}{73 \cdot \sqrt{86} + 10 \cdot \sqrt{20} + 54 \cdot \sqrt{20} + 136 \cdot \sqrt{68,5} + 17 \cdot \sqrt{63,5} + 145 \cdot \sqrt{58}}$$

$$\frac{17 \cdot \sqrt{52} + 73 \cdot \sqrt{47} + 96 \cdot \sqrt{42,5} + 57 \cdot \sqrt{30} + 38 \cdot \sqrt{10}}{4988} = 60 \cdot \frac{1125,6}{4988} = 13,5 \text{ V};$$

$$F_{KS1-KS2} = \frac{68,5 \cdot 136}{32 \cdot 13,5 \cdot 0,4} = 54,9 \text{ mm}^2;$$

$$I_{sk} = \frac{74,5}{\sqrt{3} \cdot 0,4} = 107,5 \text{ A};$$

138 ≥ 107,5 tinka.

Atkarpa KS1-KS2 parenku aliuminį kabelį su XLPE izoliacija, (4x70) skerspjūvio plotu.

$$\Delta U_{KS2-KS3} = 60 \cdot \frac{17 \cdot \sqrt{63,5}}{73 \cdot \sqrt{86} + 10 \cdot \sqrt{20} + 54 \cdot \sqrt{20} + 136 \cdot \sqrt{68,5} + 17 \cdot \sqrt{63,5} + 145 \cdot \sqrt{58}}$$

$$\frac{17 \cdot \sqrt{52} + 73 \cdot \sqrt{47} + 96 \cdot \sqrt{42,5} + 57 \cdot \sqrt{30} + 38 \cdot \sqrt{10}}{4988} = 60 \cdot \frac{135}{4988} = 1,6 \text{ V};$$

$$F_{KS2-KS3} = \frac{63,5 \cdot 17}{32 \cdot 1,6 \cdot 0,4} = 53 \text{ mm}^2;$$

$$I_{sk} = \frac{69,1}{\sqrt{3} \cdot 0,4} = 100 \text{ A};$$

138 ≥ 100 tinka.

Atkarpa KS2-KS3 parenku aliuminį kabelį su XLPE izoliacija, (4x70) skerspjūvio plotu.

$$\Delta U_{KS3-KS4} = 60 \cdot \frac{145 \cdot \sqrt{58}}{73 \cdot \sqrt{86} + 10 \cdot \sqrt{20} + 54 \cdot \sqrt{20} + 136 \cdot \sqrt{68,5} + 17 \cdot \sqrt{63,5} + 145 \cdot \sqrt{58}}$$

$$\frac{17 \cdot \sqrt{52} + 73 \cdot \sqrt{47} + 96 \cdot \sqrt{42,5} + 57 \cdot \sqrt{30} + 38 \cdot \sqrt{10}}{4988} = 60 \cdot \frac{1104}{4988} = 13 \text{ V};$$

$$F_{KS3-KS4} = \frac{58 \cdot 145}{32 \cdot 13 \cdot 0,4} = 50,4 \text{ mm}^2;$$

$$I_{sk} = \frac{63}{\sqrt{3} \cdot 0,4} = 91 \text{ A};$$

138 ≥ 91 tinka.

Atkarpa KS3-KS4 parenku aliuminį kabelį su XLPE izoliacija, (4x70) skerspjūvio plotu.

$$\Delta U_{KS4-KS5} = 60 \cdot \frac{17 \cdot \sqrt{52}}{73 \cdot \sqrt{86} + 10 \cdot \sqrt{20} + 54 \cdot \sqrt{20} + 136 \cdot \sqrt{68,5} + 17 \cdot \sqrt{63,5} + 145 \cdot \sqrt{58}}$$

$$\frac{17 \cdot \sqrt{52} + 73 \cdot \sqrt{47} + 96 \cdot \sqrt{42,5} + 57 \cdot \sqrt{30} + 38 \cdot \sqrt{10}}{4988} = 60 \cdot \frac{123}{4988} = 1,5 \text{ V};$$

$$F_{KS4-KS5} = \frac{52 \cdot 17}{32 \cdot 1,5 \cdot 0,4} = 46 \text{ mm}^2;$$

$$I_{sk} = \frac{56,5}{\sqrt{3} \cdot 0,4} = 82 \text{ A};$$

112 ≥ 82 tinka.

Atkarpei KS4-KS5 parenku aliuminį kabelį su XLPE izoliacija, (4x50) skerspjūvio plotu.

$$\Delta U_{KS5-KS6} = 60 \cdot \frac{73 \cdot \sqrt{47}}{73 \cdot \sqrt{86} + 10 \cdot \sqrt{20} + 54 \cdot \sqrt{20} + 136 \cdot \sqrt{68,5} + 17 \cdot \sqrt{63,5} + 145 \cdot \sqrt{58}}$$

$$\frac{17 \cdot \sqrt{52} + 73 \cdot \sqrt{47} + 96 \cdot \sqrt{42,5} + 57 \cdot \sqrt{30} + 38 \cdot \sqrt{10}}{4988} = 60 \cdot \frac{500}{4988} = 6 \text{ V};$$

$$F_{KS5-KS6} = \frac{47 \cdot 73}{32 \cdot 6 \cdot 0,4} = 45 \text{ mm}^2;$$

$$I_{sk} = \frac{51}{\sqrt{3} \cdot 0,4} = 74 \text{ A};$$

112 ≥ 74 tinka.

Atkarpei KS5-KS6 parenku aliuminį kabelį su XLPE izoliacija, (4x50) skerspjūvio plotu.

$$\Delta U_{KS6-KS7} = 60 \cdot \frac{96 \cdot \sqrt{42,5}}{73 \cdot \sqrt{86} + 10 \cdot \sqrt{20} + 54 \cdot \sqrt{20} + 136 \cdot \sqrt{68,5} + 17 \cdot \sqrt{63,5} + 145 \cdot \sqrt{58}}$$

$$\frac{17 \cdot \sqrt{52} + 73 \cdot \sqrt{47} + 96 \cdot \sqrt{42,5} + 57 \cdot \sqrt{30} + 38 \cdot \sqrt{10}}{4988} = 60 \cdot \frac{626}{4988} = 7,5 \text{ V};$$

$$F_{KS6-KS7} = \frac{42,5 \cdot 96}{32 \cdot 7,5 \cdot 0,4} = 42,5 \text{ mm}^2;$$

$$I_{sk} = \frac{46,2}{\sqrt{3} \cdot 0,4} = 67 \text{ A};$$

112 ≥ 67 tinka.

Atkarpei KS6-KS7 parenku aliuminį kabelį su XLPE izoliacija, (4x50) skerspjūvio plotu.

$$\Delta U_{KS7-KS8} = 60 \cdot \frac{57 \cdot \sqrt{30}}{73 \cdot \sqrt{86} + 10 \cdot \sqrt{20} + 54 \cdot \sqrt{20} + 136 \cdot \sqrt{68,5} + 17 \cdot \sqrt{63,5} + 145 \cdot \sqrt{58}}$$

$$\frac{17 \cdot \sqrt{52} + 73 \cdot \sqrt{47} + 96 \cdot \sqrt{42,5} + 57 \cdot \sqrt{30} + 38 \cdot \sqrt{10}}{4988} = 60 \cdot \frac{312}{4988} = 3,8 \text{ V};$$

$$F_{KS7-KS8} = \frac{30 \cdot 57}{32 \cdot 3,8 \cdot 0,4} = 35 \text{ mm}^2;$$

$$I_{sk} = \frac{32,6}{\sqrt{3} \cdot 0,4} = 47 \text{ A};$$

94 ≥ 47 tinka.

Atkarpei KS7-KS8 parenku aliuminį kabelį su XLPE izoliacija, (4x35) skerspjūvio plotu.

$$\Delta U_{KS7-KS8} = 60 \cdot \frac{38 \cdot \sqrt{10}}{73 \cdot \sqrt{86} + 10 \cdot \sqrt{20} + 54 \cdot \sqrt{20} + 136 \cdot \sqrt{68,5} + 17 \cdot \sqrt{63,5} + 145 \cdot \sqrt{58}}$$

$$\frac{17 \cdot \sqrt{52} + 73 \cdot \sqrt{47} + 96 \cdot \sqrt{42,5} + 57 \cdot \sqrt{30} + 38 \cdot \sqrt{10}}{4988} = 60 \cdot \frac{120}{4988} = 1,4 \text{ V};$$

$$F_{KS7-KS8} = \frac{10 \cdot 38}{32 \cdot 1,4 \cdot 0,4} = 21 \text{ mm}^2;$$

$$I_{sk} = \frac{10,9}{\sqrt{3} \cdot 0,4} = 15,7 \text{ A};$$

78 ≥ 15,7 tinka.

Atkarpa KS8-KS9 parenku aliuminį kabelį su XLPE izoliacija, (4x25) skerspjūvio plotu.

Apskaičiuojame įtampos nuostolius tolimiausiajame taške. Įtampos nuostoliai neturi viršyti

$$\Delta u_l = 15\%;$$

Apskaičiuojant taikoma (2.23) formulė:

$$\Delta u_{MT-KS1} = \frac{86 \cdot 73}{50 \cdot 70} = 1,8\%;$$

$$\Delta u_{KS1-KS2} = \frac{68,5 \cdot 136}{50 \cdot 70} = 2,7\%;$$

$$\Delta u_{KS2-KS3} = \frac{63,5 \cdot 17}{50 \cdot 70} = 0,3\%;$$

$$\Delta u_{KS3-KS4} = \frac{58 \cdot 145}{50 \cdot 70} = 2,4\%;$$

$$\Delta u_{KS4-KS5} = \frac{52 \cdot 17}{50 \cdot 50} = 0,35\%;$$

$$\Delta u_{KS5-KS6} = \frac{47 \cdot 73}{50 \cdot 50} = 1,4\%;$$

$$\Delta u_{KS6-KS7} = \frac{42,5 \cdot 96}{50 \cdot 50} = 1,6\%;$$

$$\Delta u_{KS7-KS8} = \frac{30 \cdot 57}{50 \cdot 35} = 1\%;$$

$$\Delta u_{KS8-KS9} = \frac{10 \cdot 38}{50 \cdot 25} = 0,3\%;$$

$$\Delta u\% = \Delta u_{MT-KS1} + \Delta u_{KS1-KS2} + \Delta u_{KS2-KS3} + \Delta u_{KS3-KS4} + \Delta u_{KS4-KS5} + \Delta u_{KS5-KS6} + \Delta u_{KS6-KS7} + \Delta u_{KS7-KS8} + \Delta u_{KS8-KS9} = 11,85\%.$$

Kadangi paskaičiuotas kabelio skerspjūvio ploto užtektu patikimam energijos tiekimui, bet techninėse sąlygose nurodyta 0,4kV magistraliniuose tinkluose naudoti ne mažesnius, kaip 120 mm² skerspjūvio ploto [2].

Visus skaičiavimo rezultatus surašau į 2.5 lentelę.

2.5 lentelė. Parinktų kabelių lentelė

Kabelio linijos atkarpa	Kabelio linijos ilgis [m]	Atkarpos skaičiuojamoji srovė normaliu darbo režimu [A]	Atkarpos skaičiuojamoji srovė poavariniu darbo režimu [A]		Skerspjūvio plotas [mm ²]	Didžiausia kabelio ilgalaikė darbo srovė [A]
MT-KS1	73	91	Avarija	135	4x120	186
KS1-KAS1	10	31,3	31,3	31,3	4x16	61
KS1-KAS2	54	31,3	31,3	31,3	4x16	61
KS1-KS2	136	56,4	73	107,5	4x120	186
KS2-KS3	17	31,3	82	100	4x120	186
KS3-KS4	145	Žiedo nutraukimo taškas	91	91	4x120	186
KS4-KS5	17	31,3	100	82	4x120	186
KS5-KS6	73	56,4	108	74	4x120	186
KS6-KS7	96	67	113	67	4x120	186
KS7-KS8	57	79,1	123	47	4x120	186
KS8-KS9	38	87,3	130	15,7	4x120	186
KS9-MT	175	91	135	Avarija	4x120	186

Perskaičiuojame įtampos nuostolius linijos gale:

Apskaičiuojame L-100 linijos leistinus įtampos nuostolius. Leistini įtampos nuostoliai $\Delta u_l \leq 7,5\%$.

Apskaičiuojant taikoma (2.23) formulė:

$$\Delta u_{MT-KS1} = \frac{58 \cdot 73}{50 \cdot 120} = 0,7\% ;$$

$$\Delta u_{KS1-KS2} = \frac{36 \cdot 136}{50 \cdot 120} = 0,81\% ;$$

$$\Delta u_{KS2-KS3} = \frac{20 \cdot 17}{50 \cdot 120} = 0,05\% ;$$

$$\Delta u\% = \Delta u_{MT-KS1} + \Delta u_{KS1-KS2} + \Delta u_{KS2-KS3} = 1,56\%$$

Apskaičiuojame L-200 linijos leistinus įtampos nuostolius. Leistini įtampos nuostoliai $\Delta u_l \leq 7,5\%$.

Apskaičiuojant taikoma (2.23) formulė:

$$\Delta u_{MT-SKS9} = \frac{58 \cdot 175}{50 \cdot 120} = 1,7\% ;$$

$$\Delta u_{KS9-KS8} = \frac{55,7 \cdot 38}{50 \cdot 120} = 0,35\% ;$$

$$\Delta u_{KS8-KS7} = \frac{50,4 \cdot 57}{50 \cdot 120} = 0,5\% ;$$

$$\Delta u_{KS7-KS6} = \frac{42,5 \cdot 96}{50 \cdot 120} = 0,68\% ;$$

$$\Delta u_{KS6-KS5} = \frac{36 \cdot 73}{50 \cdot 120} = 0,44\% ;$$

$$\Delta u_{KS5-KS4} = \frac{20 \cdot 17}{50 \cdot 120} = 0,056\% ;$$

$$\Delta u^0 = \Delta u_{MT-KS9} + \Delta u_{KS9-KS8} + \Delta u_{KS8-KS7} + \Delta u_{KS7-KS6} + \Delta u_{KS6-KS5} + \Delta u_{KS5-KS4} = 3,7\%$$

Įtampos nuostoliai įsitenka į $\Delta u_l \leq 7,5\%$ ribas, tai vadinasi kabeliai parinkti gerai.

2.5.3. 0,4kV tinklo komutacinių ir apsaugos aparatų parinkimas ir patikrinimas

Pagrindiniai 0,4 kV tinklo komutaciniai ir apsaugos aparatai: saugikliai, blokas, kirtiklis, saugiklis, automatinis jungiklis. Visi šie elementai skirti, kilus trumpam jungimui ir nuo per didelės leistinos perkrovos atjungtu elektros grandine.

Trumpasis jungimas – įtampą turinčios elektros grandinės fazių susijungimas tarpusavyje ir su žeme arba tik su žeme, arba su įžemintomis elektros įrenginių pasyvioms dalimis tiesiogiai įžemintos neutralės tinkle.

Trumpųjų jungimų priežastys gali būti:

Mechaninis elektros įrenginių izoliacijos pažeidimas (kabelių pažeidimas kasant gruntą);

Atmosferiniai bei komutaciniai virš įtampiai;

Klaidingos perjungimo operacijos skirstomuosiuose įrenginiuose (eksploatuojančiojo personalo kaltė);

Gyvūnų padaryti trumpieji jungimai;

Pasenusi elektros įrenginių izoliacija ir kt.

Saugiklių lyduklai parenkami pagal linijos ilgalaikės darbo (skaičiuojamosios) srovės atkarpoje sąlygą [2]:

$$I_L \geq I_{sk}, A \tag{2.24}$$

čia

I_L - saugiklio lyduko vardinė srovė, A;

I_{sk} - skaičiuojamoji (ilgalaikė darbo) srovė, A.

Išeinančių iš transformatorinės linijų apsaugos, saugiklių lydukai tikrinami vienfaziam trumpam jungimui linijos gale pagal sąlygą [2]:

$$\frac{I_k^{(1)}}{I_L} \geq 3 \quad (2.25)$$

čia

$I_k^{(1)}$ - vienfazio trumpo jungimo srovė linijos gale, A.

Su pakankamo tikslumo vienfazio trumpo jungimo srove apskaičiuojama [2]:

$$I_k^{(1)} = \frac{U_f}{\frac{Z_T}{3} + Z_K}, \text{ A} \quad (2.26)$$

čia

$Z_T/3$ - transformatoriaus varža vienfaziam trumpajam jungimui, priklausanti nuo jo galios, Ω ;

160kVA transformatoriaus Y/Y-0 varža yra 0,16 Ω , duomenys paimti iš [2].

$I_k^{(1)}$ - vienfazio trumpo jungimo srovė, A;

U_f - fazinė tinklo įtampa, $U_f = 230\text{V}$;

Z_K - kilpos fazė-nulis pilnutinė varža, apskaičiuojama [2]:

$$Z_K = Z_0 \cdot l \quad (2.27)$$

čia

Z_0 - vieno kilometro kilpos fazė-nulis varža, Ω ;

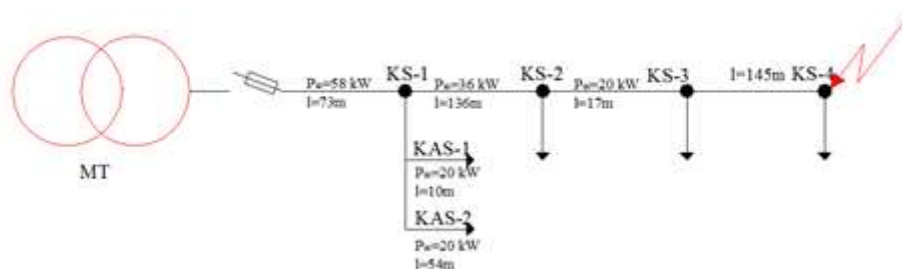
l - linijos ilgis, km.

2.6 lentelė. Aliumininių kabelių su XLPE izoliacija techninių duomenų lentelė [2].

Laidininkų skerspjūvio plotas, mm ²	Laidininko aktyvioji varža, Ω/km	Leistinoji ilgalaikė srovė, A	Kilpos fazė-nulis varža, Ω/km
4x120	0,25	186	0,56
4x16	1,84	61	3,96

Pastaba: 1. Kabeliai klojami žemėje. Jų leistinoji įšilimo temperatūra +90 °C. 2. Reaktyvinė kabelio varža $X_k=0,07, \Omega/\text{km}$.

Prenkame apsaugas L-100 linijoje, kai linija dirba normaliu darbo režimu.



2.11 pav. L-100 trumpo jungimo taškas

Skaičiuojant taikomos (2.22) ir (2.25) formulės.

Pagal EJT 160kVA galios transformatoriui įrengiame bloką, kirtiklį, saugiklį $\frac{250}{200} \text{ A}$;

Skaičiuojame ilgalaikę darbo srovę atkarpoje MT-KS1.

$$I_{sk(MT-KS1)} = \frac{S_{sk}}{\sqrt{3} \cdot U_N};$$

$$I_{sk(MT-KS1)} = \frac{63}{\sqrt{3} \cdot 0,4} = 91 \text{ A};$$

Tai transformatorinės apsaugai nuo trumpo jungimo parenku $\frac{250}{100} \text{ A}$;

$$I_{sk(KS1-KS2)} = \frac{39,1}{\sqrt{3} \cdot 0,4} = 56,4 \text{ A};$$

KS1 apsaugai nuo trumpo jungimo parenku $\frac{250}{63} \text{ A}$.

$$I_{sk(KS1-KAS1)} = \frac{21,7}{\sqrt{3} \cdot 0,4} = 31,3 \text{ A};$$

KAS1 apsaugai nuo trumpo jungimo parenku $\frac{250}{32} \text{ A}$.

$$I_{sk(KS1-KAS2)} = \frac{21,7}{\sqrt{3} \cdot 0,4} = 31,3 \text{ A};$$

KAS2 apsaugai nuo trumpo jungimo parenku $\frac{250}{32} \text{ A}$.

Tikriname apsaugas nuo trumpo jungimo.

Skaičiuojame trumpo jungimo srovę linijos gale iki KS4 ir patikriname ar parinktos apsaugos suveiks trumpo jungimo metu. Skaičiuojant taikome (2.25), (2.26), (2.27) formules.

$$I_{k(MT-KS4)}^{(1)} = \frac{230}{0,16 + 0,208} = 625 \text{ A};$$

$$Z_K = Z_{120} + l = 0,56 \cdot 0,371 = 0,208 \ \Omega;$$

$$\frac{625}{63} = 9,9 \geq 3.$$

Sąlygą tenkina, saugiklis suveiks efektyviai.

Skaičiuojame trumpo jungimo srovę iki KAS1.

$$I_{k(MT-KAS1)}^{(1)} = \frac{230}{0,16 + 0,081} = 240 \text{ A};$$

$$Z_{120} = 0,56 \cdot 0,073 = 0,041 \ \Omega;$$

$$Z_{16} = 3,96 \cdot 0,01 = 0,04 \ \Omega;$$

$$Z_k = 0,041 + 0,04 = 0,081 \ \Omega;$$

$$\frac{240}{32} = 7,5 \geq 3.$$

Sąlygą tenkina, saugiklis suveiks efektyviai.

Skaičiuojame trumpo jungimo srovę iki KAS2.

$$I_{k(MT-KAS2)}^{(1)} = \frac{230}{0,16 + 0,25} = 561 \text{ A};$$

$$Z_{120} = 0,56 \cdot 0,073 = 0,041 \ \Omega;$$

$$Z_{16} = 3,96 \cdot 0,054 = 0,21 \ \Omega;$$

$$Z_k = 0,041 + 0,21 = 0,25 \ \Omega;$$

$$\frac{561}{32} = 17,5 \geq 3.$$

Sąlygą tenkina, saugiklis suveiks efektyviai.

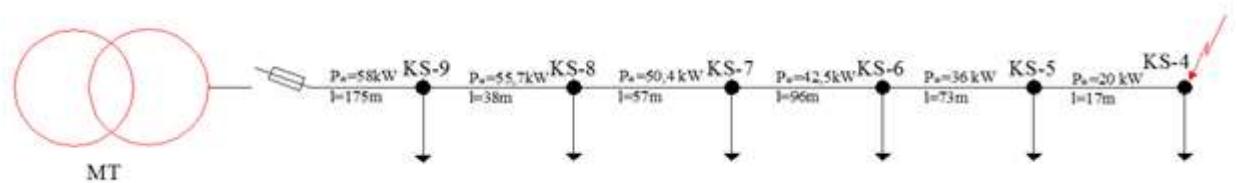
Skaičiuojame trumpo jungimo srovę iki KS1.

$$I_{k(MT-KS1)}^{(1)} = \frac{230}{0,16 + 0,0409} = 1145 \text{ A};$$

$$Z_{120} = 0,56 \cdot 0,073 = 0,0409 \ \Omega;$$

$$\frac{1145}{100} = 11,4 \geq 3;$$

Parenkame apsaugas L-200 linijoje, kaip linija dirba normaliu darbo režimu.



2.12 pav. L-200 trumpo jungimo taškas

Skaičiuojant taikomos (2.22) ir (2.24) formulės.

Pagal EJT 160kVA galios transformatoriui įrengiame bloką, kirtiklį, saugiklį $\frac{250}{200}$ A.

Skaičiuojame ilgalaikę darbo srovę atkarpoje MT-KS9.

$$I_{sk(MT-KS1)} = \frac{S_{sk}}{\sqrt{3} \cdot U_N};$$

$$I_{sk(MT-SKS1)} = \frac{63}{\sqrt{3} \cdot 0,4} = 91 \text{ A};$$

Tai transformatorinės apsaugai nuo trumpo jungimo parenku $\frac{250}{100}$ A.

$$I_{sk(KS6-KAS5)} = \frac{39,1}{\sqrt{3} \cdot 0,4} = 56,4 \text{ A};$$

KS6 apsaugai nuo trumpo jungimo parenku $\frac{250}{63}$ A.

Skaičiuojame trumpo jungimo srovę linijos gale iki KS4. Skaičiuojant taikome (2.25), (2.26), (2.27) formules.

Skaičiuojame trumpo jungimo srovę iki KS4.

$$I_{k(MT-KS4)}^{(1)} = \frac{230}{0,16 + 0,256} = 553 \text{ A};$$

$$Z_K = Z_{120} + l = 0,56 \cdot 0,456 = 0,256 \ \Omega;$$

$$\frac{553}{63} = 8,7 \geq 3.$$

Sąlygą tenkina, saugiklis suveiks efektyviai.

Skaičiuojame trumpo jungimo srovę iki KS6.

$$I_{k(MT-KS6)}^{(1)} = \frac{230}{0,16 + 0,188} = 661 \text{ A};$$

$$Z_{120} = 0,56 \cdot 0,336 = 0,188 \ \Omega;$$

$$\frac{661}{100} = 6,6 \geq 3.$$

Sąlygą tenkina, saugiklis suveiks efektyviai.

Parenkame gyvenamųjų namų įvadinis automatinius jungiklius. Trifazio, įvadinio automatinio jungiklio, šiluminio atkabiklio, vardinės srovės priklausomybė nuo leistinos galios iš 9 lentelės.

2.7 lentelė. Trifazio, įvadinio automatinio jungiklio, šiluminio atkabiklio, vardinės srovės priklausomybė nuo leistinos galios lentelė

Eil. Nr.	Leistinoji vartoti galia P_l , kW	Įvadinio automatinio jungiklio šiluminio atkabiklio vardinė srovė $I_{s.at}$, A
1	5	10
2	5-7	13
3	8-9	16
4	10-11	20
5	12-14	25
6	15-18	32
7	19-22	40
8	23-28	50
9	29-35	63
10	36-45	80

Kadangi vartotojų galia 10kW , tai visu įvadiniai automatiniai saugikliai bus 20A.

2.8 lentelė. Parinktų saugiklių lentelė

Objektas	Parinktas saugiklis	Atkarpos darbo srovė
Transformatorius 0,4kV	250/200A	135
Transformatorius 10kV	25A	5,4
L-100	250/100A	91
L-200	250/100A	91
KS1	250/63A	56,4
	250/32A	31,3
	250/32A	
KS6	250/63A	56,4

2.6. Transformatorinės ir 0,4kV linijų pakartotinio nulinio laido įžeminimų skaičiavimas

Pagal elektros įrenginių įrengimo taisyklės aukštesnės kaip 1000V įtampos įrenginių įžeminimo varža turi būti ne didesnė kaip 10Ω . Jungiant prie to paties įžeminimo įrenginio aukštesnės kaip 1000 V ir žemesnės įtampos įrenginius įžeminimo varža turi būti $\leq 10\Omega$, kai prie įžeminimo įrenginių jungiame transformatorių neutralias. TN sistemos tinkle generatorių, transformatorių ir

visų pakartotinių nulinio laido įžeminimo įrenginių atstojamoji varža $\leq 2,5 \Omega$. 10/0,4 kV transformatorinių įžeminimo įrenginių varža gali būti $\leq 10 \Omega$, jei yra nemažiau kaip 3 pakartotiniai nulinio laido įžeminimai (kartu su vartotojo el. įrenginių įžeminimu), kurių kiekvieno varža 10Ω [2].

KS, KAS ir MT parenku $R \leq 10 \Omega$. Laikantis sąlygos, kad visų atstojamoji varža nebūtų didesnė už $2,5 \Omega$:

$$\frac{1}{R_{\Sigma}} \leq 2,5 \Omega;$$

$$\frac{1}{R_{\Sigma}} \leq \frac{1}{10} + \frac{1}{10} + \frac{1}{10} + \frac{1}{10} + \frac{1}{10} + \frac{1}{10} + \frac{1}{10} + \frac{1}{10} + \frac{1}{10} + \frac{1}{10} + \frac{1}{10} + \frac{1}{10} + \frac{1}{10} = 1,3 \Omega.$$

Kadangi visų varžų atstojamoji yra mažesnė už $2,5 \Omega$, tai MT parenku $R \leq 10 \Omega$

Pasirenku strypinį įžemiklį, kurio skersmuo 16 mm ir ilgis 5m

$$R_v = 0,00227 \rho, \Omega,$$

Vertikalių įžemiklių skaičius apskaičiuojamas pagal formulę [2]:

$$n_{iz} = \frac{R_v}{R_{iz} \cdot \eta_v} \quad (2.28)$$

čia

ρ - grunto savitoji varža, Ωm ;

R_{iz} - įžeminimo kontūro varža, Ω ;

R_v - vertikalaus įžemiklio varža, Ω ;

n_{iz} - įžemiklio skaičius;

η_v - vertikalaus įžemiklio ekranavimo koeficientas.

Apskaičiuoju, kokio ilgio įžemiklio reikia. Viso objekto gruntas yra priemolis, ir jo savitoji varža, kai jo drėgmė 10-20%, $\rho = 10000 \Omega m$. Kadangi prie transformatorinės kalsime du įžemiklius tai ekranavimo koeficientas bus lygus $\eta_v = 0,84$.

Skaičiuojant taikomos (2.28) formulės

$$R_v = 0,00227 \cdot 10000 = 22,7 \Omega m;$$

$$n_{iz} = \frac{22,7}{10 \cdot 0,84} = 2,7;$$

$$l = 5 \cdot 2,7 = 13,5 m.$$

Paskaičiavome, kad reikia 36 strypinių vertikalių įžemiklių, kurio skersmuo 16 mm ir ilgis 5 metrai. Įžemiklius kalsime į žemę prie kiekvienos KS ir KAS po 13,5 m, o prie transformatorinės kalsime dviejose vietose po 13,5 metrus.

2.7. Aplinkos ir darbų sauga

2.7.1. Darbų sauga

Objekto, jo sudedamų dalių ir vietos aprašymas [9].

Projektuojami 10 ir 0,4 kV skirstomieji tinklai skirti tiekti elektros energiją gyv. namų kvartalui. Projektuojamos modulinės transformatorinės pastatymo vieta yra privačioje žemėje. 10 kV trasos eina šalia gatvės, todėl OL TP projektuojamoje atramoje bus montuojamas vertikalus skyriklis su viršįtampių ribotuvais ir prijungiamas projektuojamas 10 kV kabelis.

Specialūs montavimo saugaus darbo vykdymo reikalavimai [9].

Didžioji dalis darbų vykdomi toli nuo srovinių dalių, mažai žmonių lankomose vietose. Dirbant 10 kV OL TP apsauginėje zonoje būtina gauti raštišką AB „LESTO“ Šiaulių regiono tinklo valdymo departamento tinklo eksploatavimo skyriaus leidimą ir vykdyti darbus pagal nurodymą. Šioje zonoje, dirbant mašinomis ir kitais mechanizmais, leidžiama, prie įtampą turinčių srovinių dalių, priartėti ne mažesniu kaip 1,5 m atstumu, o mašinų ir mechanizmų, ant pneumatinių ratų, korpusai turi būti įžeminti.

Atramos statymas, 10 kV kabelio ir skyriklio montavimas prie atramos ir atramoje, MT montavimas su kranu turi būti vykdomi pagal nurodymą ir atjungus įtampą. Duobės ir tranšėjos privalo būti aptvertos, pakabinti įspėjamieji ženklai.

Specialieji būtiniausi statybviečių darbo vietų įrengimo lauke reikalavimai [9]:

1. Elektros įrenginiai ir jų instaliacija:

1.1. elektros įrenginiai ir jų instaliacija statybvietėje, ypač jei jie veikiami aplinkos veiksnių, turi būti reguliariai prižiūrimi ir tikrinami;

1.2. privalu patikslinti, patikrinti ir aiškiai pažymėti įrenginius, buvusius statybvietėje prieš ją įrengiant;

1.3. elektros oro linijos pagal galimybes turi būti iškeltos už statybvietės ribų; jeigu elektros oro linijos negalima iškelti, tai elektros srovė turi būti išjungta. Jei to negalima padaryti, oro liniją reikia atitverti ar pažymėti ženklu, kad į šią teritoriją nepatektų transporto priemonės ir įrenginiai. Jeigu statybvietėje transporto priemonėms reikia važiuoti po oro linija, turi būti įrengti įspėjamieji ženklai ir kabantieji aptvarai.

2. Atmosferos poveikis: darbuotojai turi būti apsaugoti nuo atmosferos veiksnių, kenkiančių jų saugai ir sveikatai.
3. Krentantys daiktai:
 - 3.1. darbuotojai turi būti apsaugoti nuo krentančių daiktų kolektyvinėmis saugos priemonėmis, taip pat darbuotojams turi būti išduotos reikiamos asmeninės apsauginės priemonės;
 - 3.2. medžiagos ir įrenginiai turi būti išdėstyti arba sudėti į krūvas taip, kad negalėtų nuslysti arba nuvirsti;
 - 3.3. jeigu reikia, statybvietėje uždengti perėjas arba užtikrinti, kad į pavojingas zonas nebūtų įmanoma patekti.
4. Žemės darbų mašinos ir transportavimo priemonės bei įrenginiai:
 - 4.1. žemės darbų mašinos ir transportavimo priemonės bei įrenginiai turi būti:
 - 4.1.1. tinkamai suprojektuoti ir pagaminti atsižvelgiant į ergonominius reikalavimus;
 - 4.1.2. techniškai tvarkingi;
 - 4.1.3. tinkamai ir teisingai naudojami;
 - 4.2. žemės darbų mašinų, transporto priemonių ir transportavimo įrenginių vairuotojai bei juos aptarnaujantys darbuotojai turi būti specialiai apmokyti;
 - 4.3. būtina užtikrinti, kad žemės darbų mašinos, transporto priemonės ir transportavimo įrenginiai neįgriūtų į iškasas arba į vandenį;
 - 4.4. žemės darbų mašinų ir transportavimo įrenginių kabinos, kur to reikia, mašinai apvirtus turi apsaugoti vairuotoją nuo suspaudimo ir krentančių daiktų.
- 4.41. Įrenginiai, mašinos ir įranga:
- 4.42. įrenginiai, mašinos ir įranga, įskaitant rankinius įrankius su ir be variklio, turi būti:
 - 4.42.1. tinkamai suprojektuoti ir pagaminti atsižvelgiant į ergonominius reikalavimus;
 - 4.42.2. techniškai tvarkingi;
 - 4.42.3. paruošti naudoti, naudojami pagal paskirtį;
 - 4.42.4. aptarnaujami atitinkamai parengtų darbuotojų;
5. Darbai iškasose (tranšėjose), šuliniuose, tuneliuose, požeminiai ir žemės darbai:
 - 5.1. dirbant iškasose (tranšėjose), šuliniuose, požemiuose arba tuneliuose, turima imtis reikiamų saugos priemonių, kurios:
 - 5.1.1. užtikrintų ramsčių, klojinių, šlaitų ir pylimų patikimumą;
 - 5.1.2. pašalintų darbuotojų, medžiagų arba daiktų kritimo, vandens prasiskverbimo pavojų;
 - 5.1.3. užtikrintų pakankamą visų darbo vietų vėdinimą, kad oras būtų nekenksmingas ir nepavojingas sveikatai;

5.1.4. leistų darbuotojams išsigelbėti kilus gaisrui arba prasiskverbus vandeniui ar kitoms medžiagoms;

5.2. prieš pradedant žemės darbus, turi būti atlikti matavimai, kad būtų nustatytas ir pašalintas arba kiek įmanoma sumažintas požeminių kabelių ir kitų inžinerinių tinklų keliamas pavojus;

5.3. iškasos (tranšėjos) turi būti įrengtos taip, kad į jas būtų galima saugiai įeiti ir išeiti;

5.4. Iškastas gruntas, medžiagos ir judančios transporto priemonės turi būti laikomos saugiu atstumu nuo iškastų tranšėjų. Kai reikia, turi būti pastatyti tinkami aptvarai.

2.7.2. Aplinkos sauga

1. Objekto paskirties ir objekto vietos aprašymas

Projektuojami 10 ir 0,4 kV skirstomieji tinklai skirti tiekti elektros energiją 20 gyv. namams su elektrine vyrikle. Modulinės transformatorinės pastatymo vieta yra privačioje žemėje. Saugomų teritorijų projektuojamų tinklų zonoje nėra.

2. Technologiniai procesai

Projektuojamais kabeliais ir kitais įrenginiais tekės 10 ir 0,4 kV įtampos elektros srovė.

3. Atliekos

Montuojant kabelių linijas, susidarys nedidelis kiekis chemiškai neutralių plastikinių ar metalinių (aliuminis, varis, geležis) atliekų, kurias reikia surinkti ir utilizuoti.

4. Vanduo

Vandens išteklių nėra. Nuotekų nesusidarys.

5. Oras

Neteršiamas.

6. Dirvožemis

Tranšėjas ir duobes kasti sluoksniais, derlingą dirvožemį ir likusį gruntą sandėliuojant skirtingose pusėse, kad išvengtų dirvožemio sluoksnių maišymo. Užkasant tranšėjas, jas užpildyti atvirkščia tvarka. Likusį dirvožemį ir gruntą išsklaidyti

7. Žemės gelmės

Žemės gelmės, įskaitant gruntinį vandenį, teršiamos nebus.

8. Biologinė įvairovė

Poveikis, biologinei įvairovei, nežymus..

9. Kraštovaizdis

Kraštovaizdžiui poveikio nebus .

10. Ekstremalios situacijos

Montuojamos 10 ir 0,4 kV kabelių linijos pavojaus nekelia. Modulinėje transformatorinėje montuojamame galios transformatoriuje yra nedidelis kiekis transformatorinės alyvos, kuri gali užteršti aplinką tik tyčia pažeidus korpuso hermetiškumą.

IŠVADOS

Sudarytame elektros tinkle yra 20 vartotojų, 3 kategorijos, todėl prijungiau juos nuo vieno šaltinio. Naujoje projektuojamoje gyvenvietėje vartotojų elektros tinklą sudaro nauja modulinė transformatorinė su 160kVA galios 10/0,4 kV transformatoriumi, 10kV ir 0,4kV kabelių linijos, bei kabelių spintos ir komercinės apskaitos spintos, su juose sumontuotais apsaugos ir galios komutavimo įrenginiais.

Kadangi vartotojams leistinoji galia yra 10kW, bendra leistinoji viso tinklo galia įvertinant nevienalaikškumą gaunama 86 kW. Tačiau parenkamas transformatorius atsižvelgus į būsimą elektros tinklo plėtrą.

Įvertinus galios momentus, galių srautus linijose, skaičiuojamąsias sroves, parinkti magistraliniai 4x120 mm² skerspjūvio kabeliai.

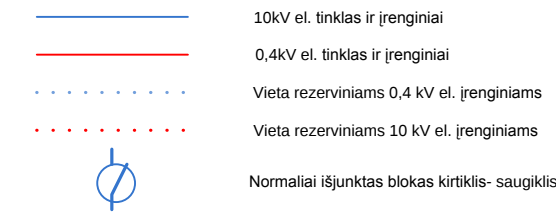
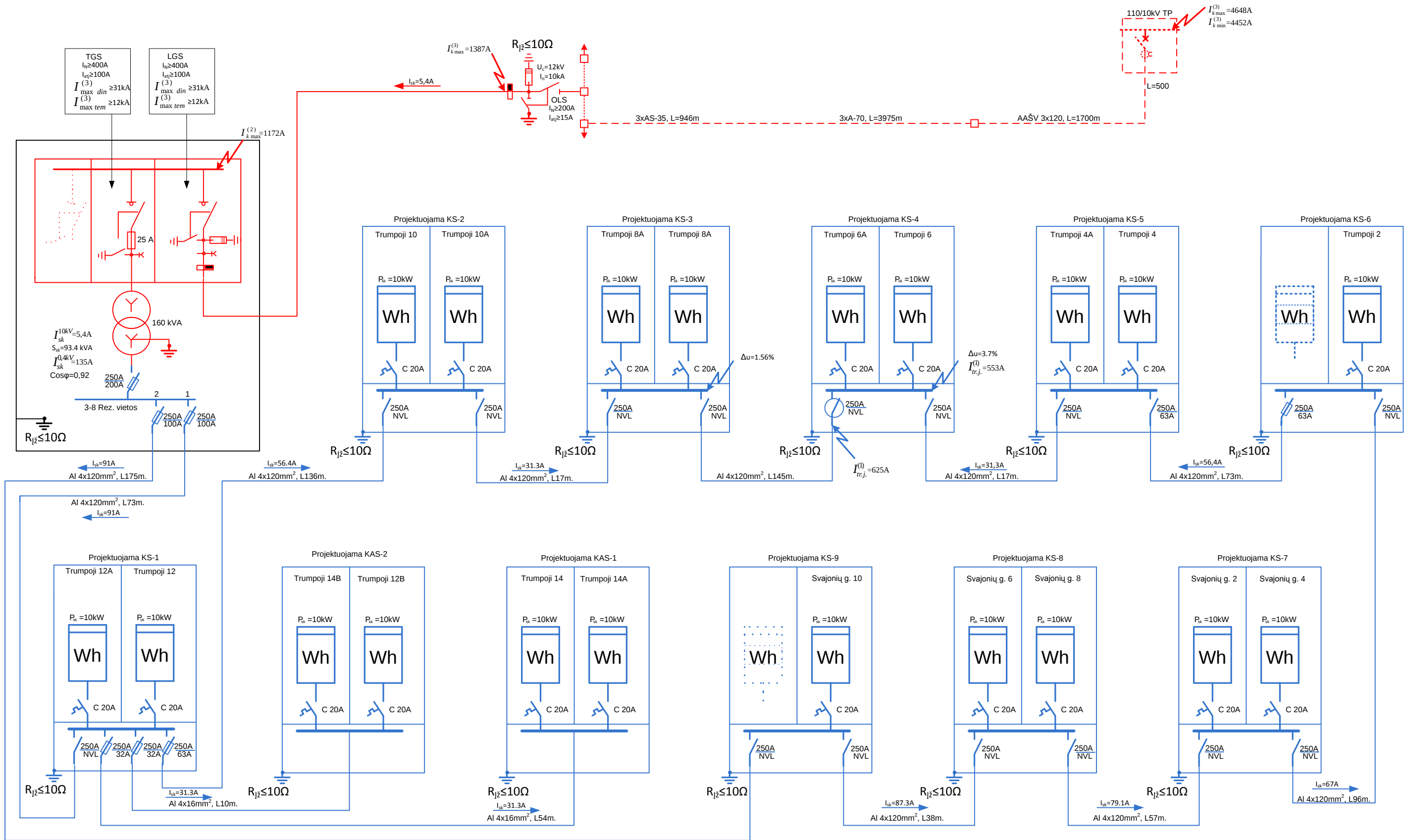
Pagal paskaičiuotus trumpuosius jungimus ir srovių pasiskirstymą linijose parinkti komutavimo aparatai kabelių spintose. Parinkti saugikliai užtikrins selektyvų tinklo dalies atjungimą trumpojo jungimo metu.

Modulinės transformatorinės 10 kV skirstykla pajungiama 10 kV kabelio linija nuo esamos 10 kV oro linijos L - 200 iš 110/10 kV TP artimiausios atramos per skyriklį su dviem įžeminimo peiliais ir viršįtampių ribotuvais. 10 kV kabelis parinktas 3x1x120 mm²

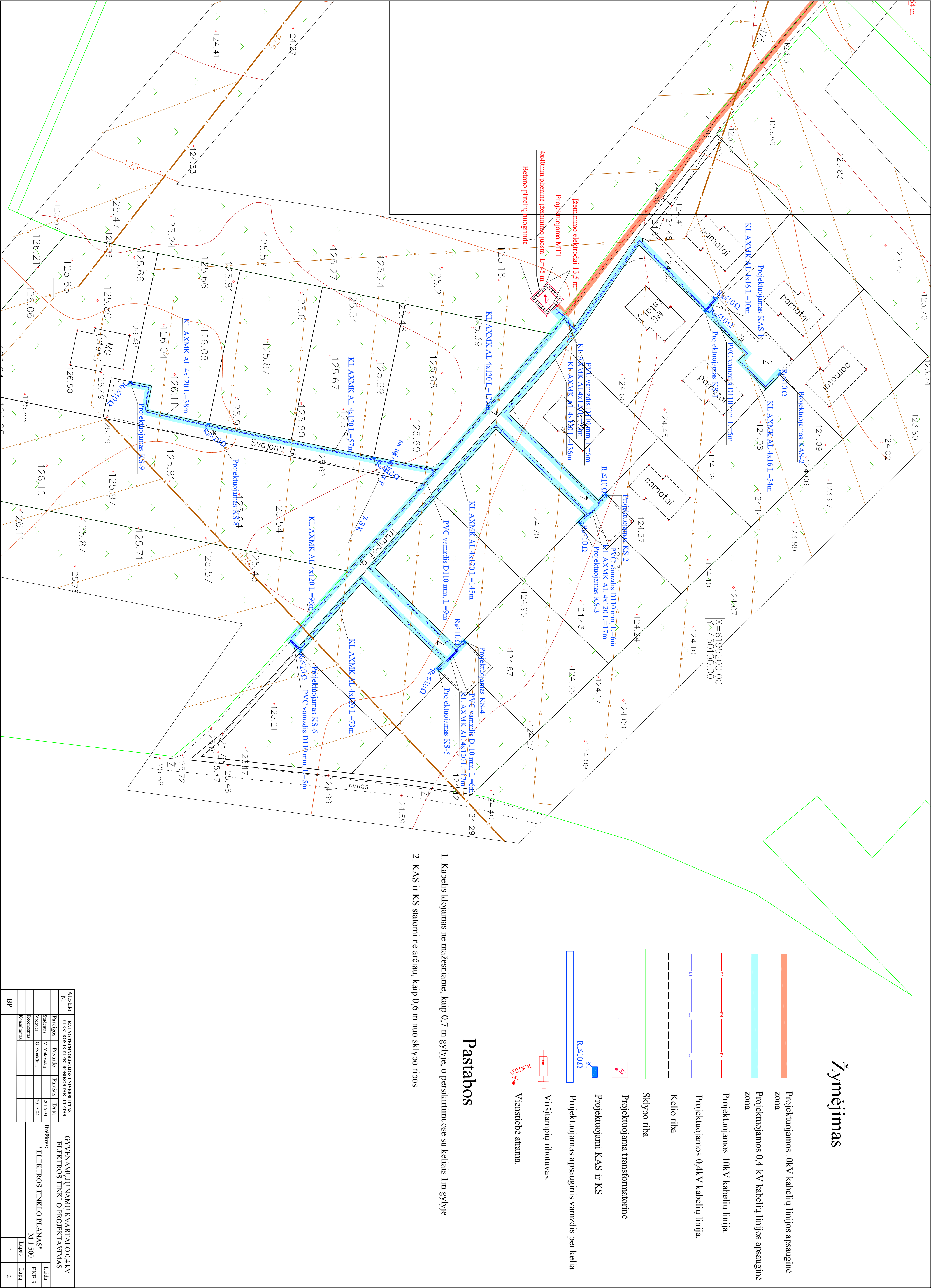
LITERATŪRA IR INFORMACINIAI ŠALTINIAI

1. Gytis Svinkūnas, Algimantas Navickas. Elektros energetikos pagrindai. Mokomoji knyga. Kaunas, 2013.
2. G. Muliulis. Skirstomųjų elektros tinklų projektavimas. Mokomoji knyga. Šiauliai, 2010.
3. Katalogai, elektrotechniniams įrenginiams isigyti. www.elga.lt
4. Priega prie interneto: 2015 – 05 – 05
www.lesto.lt
5. Elektros įrenginių įrengimo bendros taisyklės. Vilnius: UAB „Energetika“, 2012.
6. Priega prie interneto: 2015 – 05 – 05
http://www3.lrs.lt/pls/inter3/dokpaieska.showdoc_l?p_id=313431&p_query=elektros%20%E1renginiai%20ir%20j%F8%20instaliacija%20statybvietai%EBje%2C%20ypa%E8%20jei%20jei%20veikia%20aplinkos%20veiksni%F8%2C%20turi%20b%FBti%20reguliariai%20pri%FEi%FBrimi%20i%20tikrinami&p_tr2=2
7. Priega prie interneto: 2015 – 05 – 05
<http://www.gph.lt/lt/produktai/rda-12>

PRIEDAI

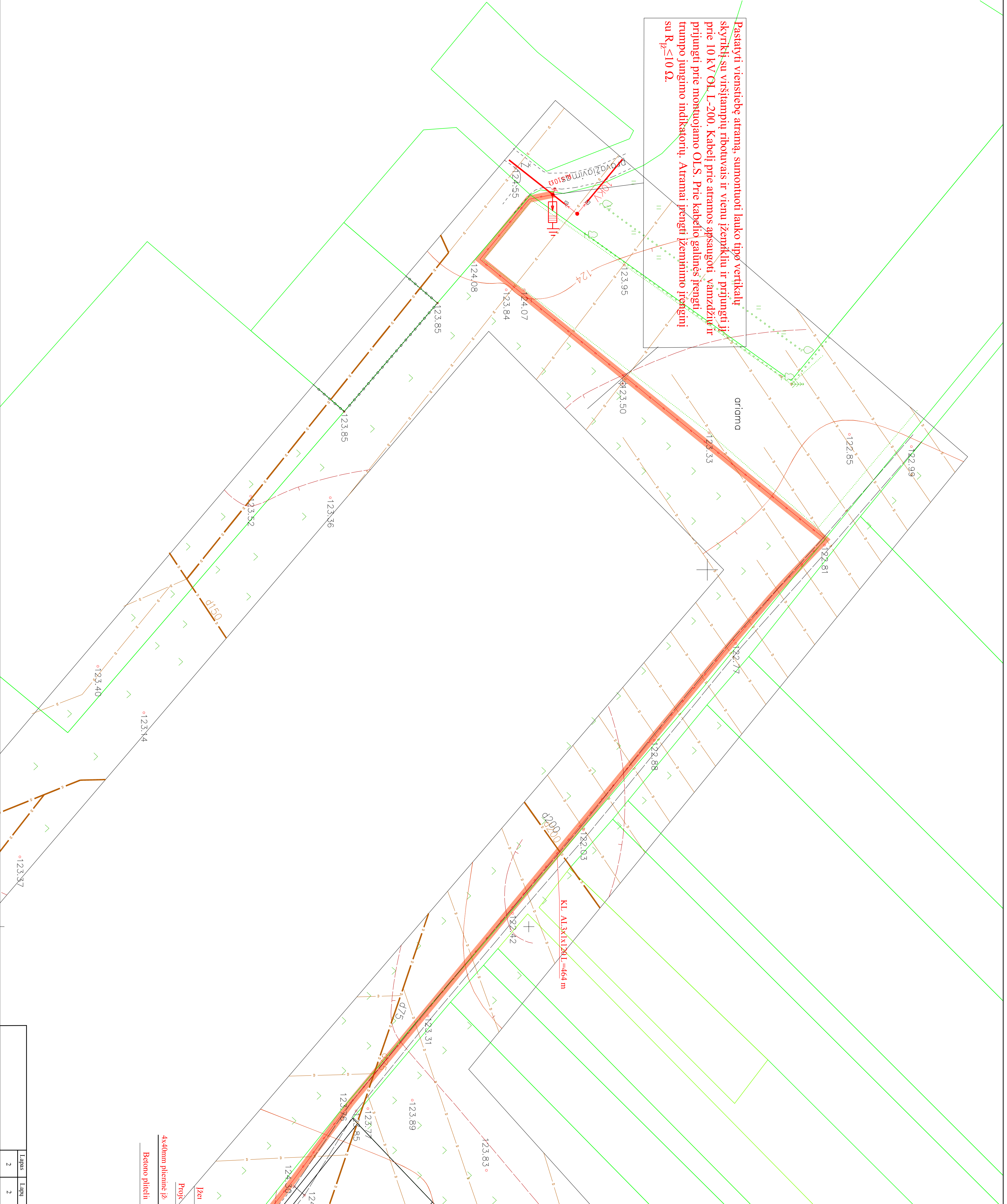


Grupė	KTU Elektros ir elektronikos fakultetas			Bakalauro baigiamasis darbas		
ENE-9	Studentas	V.Makovskij	2015-06	Gyvenamųjų namų kvartalo 0,4 kV elektros tinklo principinė schema	Laida	
					0	
	Elektros energetikos sistemų katedra Studentų g. 48, Kaunas			2015-BBD-Elektros energetikos sistemų katedra	Lapas	Lapas
					1	1



KAUNO TECHNOLOGIJOS UNIVERSITETAS					GYVENAMŲJŲ NAMŲ KVARTALO 0,4 kV				
ELEKTROS IR ELEKTRONIKOS FAKULTETAS					ELEKTROS TINKLO PROJEKTAVIMAS				
Nr.	Pateiktas	Pavardė	Pasirašas	Data	Brėžinys:				
Sudarytojas	V. Makovskij			2015.04	"ELEKTROS TINKLO PLANAS"				
Patvirtinantis	G. Šimulinas								
Konstatuojantis									
BP					M 1:500				
					Lapais		Lapai		
					1		2		

Pastatyti vienišiebę atramą, sumontuoti lauko tipo vertikalų skyritį su viršlumpių ribotuvais ir vienu įžemkliu ir prijungti jį prie 10 kV OL L-200. Kabelį prie atramos apsaugoti vamzdziais ir prijungti prie montuojamo OLS. Prie kabelio galinės įrėgės trumpo jungimo indikatorį. Atramai įrengti įžeminimo įrėgę su $R_f \leq 10 \Omega$.



Lapis	Lapų
2	2